

BIBL. NAZIONALE
CENTRALE-FIRENZE

619

19







LE

619
19

FERROVIE ECONOMICHE ITALIANE

ED IL

SISTEMA PRIVILEGIATO DI LOCOMOZIONE MISTA

PROPOSTO

dall'Ingegnere

Cav. ALFREDO COTTRAU

Pubblicazione fatta per cura dell' Ing. F. C. B.



NAPOLI

STAMPERIA DEL FIBRENO

San Giovanni maggiore Pignatelli

1870

Considerazioni Generali

Dalle ultime relazioni pubblicate dal Regio Commissariato Generale delle ferrovie Italiane, rilevasi che nel 1868 furono pagate dallo Stato oltre 57 milioni di lire per sovvenzioni alle strade ferrate, e nel 1869 oltre 59 milioni di lire. Ma il fatto più importante si è quello della costante *passività* di tutte le nostre linee, cioè che il prodotto lordo di esse non basta a compensare le loro spese di esercizio e l'interesse del capitale di costruzione. La ragione efficiente di queste verità si rattrova negli argomenti seguenti, che pur di volo sono accennati nelle suddette Relazioni del Commissariato Generale.

In Italia, le ferrovie sono destinate a creare il Commercio e l'Industria, a creare quindi il movimento delle persone e delle cose, locchè costituisce il traffico ovvero l'alimento e la vita delle ferrovie medesime; a differenza di quanto si verificò presso le altre nazioni, dove la ricchezza e la prosperità del Commercio, dell'Industria e dell'Agricoltura, generarono lo sviluppo delle comunicazioni ferroviarie. Inoltre, per la mancanza quasi assoluta di molte strade di diramazione le quali partendo dai paesi dell'interno mettano capo ai varii punti della nostra rete ferroviaria, questa deve limitare la sua sfera di azione ad un raggio piccolissimo, cioè far partecipare, ai vantaggi di che è capace, una troppo breve estensione di territorio, e quindi trovasi anche essa obbligata a contentarsi dell'alimento limitato ed insufficiente di un traffico meschinissimo. Da ultimo, la natura accidentata del suolo rende costosissimo l'impianto delle nostre ferrovie, e la scarsità del combustibile rende le spese di trazione molto onerose.

Giustamente dunque cresce ogni giorno la preoccupazione del Governo e dei cittadini circa l'avvenire delle nostre strade ferrate. Il bisogno di nuove linee ferroviarie si fa sempre più sentire; nel contempo scorgesi la necessità di non più gravare il bilancio dello Stato con novelle

sovvenzioni, anzi di alleviarlo alquanto dalle sovvenzioni tuttora a suo carico, migliorando le condizioni del traffico sulle nostre ferrovie principali.

A soddisfare tanto desiderio egli è oramai riconosciuto che basterebbe solo coprire la intera superficie del nostro territorio con una fitta rete di ferrovie secondarie. Queste linee, di vero, tenderebbero ad accrescere le produzioni agricole ed industriali, e svilupperebbero il commercio, ossia lo scambio dei prodotti, in tutte quelle località che per la loro posizione geografica e topografica non possono godere del beneficio delle grandi arterie ferroviarie. Per tal modo il movimento e la vita di tutte le singole parti della Nazione concorrerebbero a sviluppare il traffico delle ferrovie principali, e queste, da un lato arriccherebbero nuovi vantaggi alle piccole linee, e dall'altro acquisterebbero tale un incremento nel prodotto da potere gradatamente affrancarsi dalle onerose contribuzioni governative.

Ma affinchè l'agognata rete secondaria sia attuabile, e non riesca per lo contrario di aggravio per le nostre finanze, egli è indispensabile risolvere a tutta prima il seguente problema: « Trovare un sistema di locomozione, « applicabile alle piccole linee, mediante il quale le spese « di costruzione e di esercizio sieno *minime*, e sensibil- « mente proporzionali al traffico delle località cui queste « linee sono destinate; talchè le medesime linee possano « impiantarsi ed esercitarsi, sia da Province, sia da Con- « sorzi di Comuni, sia finalmente da Società private, senza « alcuna sovvenzione governativa. »

Il sistema di locomozione-mista proposto dall'Ingegnere Cav. Alfredo Cottrau per le nostre linee secondarie o economiche, sembra risolvere pienamente il difficile problema; ed è perciò che a tutti i Cittadini Italiani si offre il seguente cenno sul sistema Cottrau, corredato di tutte le note e gli schiarimenti che sono suggeriti dalla esatta teoria e dai risultati incontrastabili dell'esperienza, e che valgono a facilitare e ad avvalorare la completa interpretazione di esso sistema. — In una quistione così vitale ne giova sempre avere il giudizio della intera nazione, ed averne all'uopo l'unanime suo appoggio. F. C. B.

BREVE CENNO

SUL SISTEMA DI FERROVIE ECONOMICHE PROPOSTO PER L'ITALIA

dall'Ing. Cav. ALFREDO COTTRAU

(*Sistema privilegiato con Regia privata del 13 Marzo 1868*)

Sistema

Il sistema Cottrau, ridotto ai suoi principali elementi, componesi: di un convoglio formato da wagoni per viaggiatori e per merci, o solamente da wagoni dell'una o dell'altra specie, il quale scorre, come nel sistema usuale di ferrovie, su due rotaie, ma che vien rimorchiato da una macchina di trazione speciale la quale poggia con le sue ruote motrici sulla zona di terreno battuto compresa fra le rotaie.

Motore

Le principali prerogative del motore sono: La caldaia del sistema Belville a vaporizzazione rapida, che può sostenere una pressione di 12 atmosferi senza alcun pericolo di scoppio; le due ruote motrici che sono ricoperte da una fascia di caoutchouc dello spessore di 12 centimetri, e che sono larghe da 25 a 30 centimetri ognuna; il *retro-treno* composto di due ruote verticali poggiate sulle rotaie e che sono mobili intorno ad un asse verticale; le quattro piccole ruote inclinate, dette dai francesi *galets directeurs*, le quali incontrano le rotaie sotto un angolo di 45°.

Queste macchine, che si assomigliano alquanto alle locomotive stradali Feugère e Thompson, possono farsi del peso variabile da 3,600 a 13,000 tonnellate, a seconda dell'importanza del traffico delle linee cui sono destinate.

Mercè tale disposizione data al materiale mobile rispetto alla via si possono prevedere i risultati seguenti, in ordine alla costruzione ed all'esercizio delle linee economiche disposte secondo questo sistema :

Effetti del motore

a) Aderenza. Le ruote motrici della macchina troveranno in contatto del terreno un'aderenza *naturale* ed *utile* superiore, almeno 4 volte, a quella che si verifica per le ruote motrici delle locomotive ordinarie sulle rotaie.

b) Sicurezza. I *galets directeurs* assicureranno il cammino della macchina fra le rotaie, e quindi anche il cammino del convoglio sulle rotaie.

c) Pressione sul terreno. Atteso la gran larghezza delle ruote motrici, il peso della macchina produrrà sul terreno, per ogni unità di superficie, una pressione almeno 8 volte minore a quella prodotta dai nostri carri sulle strade rotabili ordinarie.

Pendenze

d) Il tracciato potrà ammettere pendenze fortissime, anche quelle dell'8 e del 10 per %.

Curve

e) Il raggio minimo delle curve potrà scendere fino a 40^m; e laddove la velocità dovrà essere necessariamente minima, come nelle stazioni, potrà ammettersi anche il raggio di 20^m.

Armamento

f) Peso delle rotaie. Il binario, formato da rotaie *Vignolle*, potrà farsi leggerissimo, cioè di un peso da 12^K a 16^K, 50 per metro corrente di rotaia.

g) Larghezza del binario. La larghezza del binario, da asse ad asse delle rotaie, potrà variare a seconda dei casi da 1^m ad 1^m 50 (larghezza normale del binario sulle ferrovie principali).

Tracciato

h) Sue prerogative economiche. Il tracciato potrà seguire, in generale, l'andamento e le sinuosità della campagna, ed evitare per tal modo, sia i molti acquisti di terreno, sia i grandi movimenti di terra, le opere d'arte di molto rilievo, ed infine i costosi trafori.

i) Uso delle strade carrettiere. Queste ferrovie potranno avvalersi principalmente delle strade carrettiere già esistenti, ed occupare lateralmente ad esse una zona larga soli 3^m.

Velocità

k) La velocità su tali linee dovrà variare a seconda delle pendenze, e per una medesima carica i limiti della velocità saranno 8 e 18 chilometri all'ora.

Carica rimorchiata

l) La carica massima rimorchiata deve anche variare con la velocità e con le pendenze della linea, i suoi limiti sono però calcolati a 3,60 e 12 volte il peso del motore.

Spese d'impianto o di costruzione

m) Le spese per la costruzione di ferrovie economiche secondo questo sistema, comprendendovi l'acquisto del materiale mobile, oscilleranno fra 20,000 e 45,000 lire al chilometro, qualora la linea non avesse uno sviluppo inferiore a 10 chilometri.

Spese di esercizio

n) Finalmente le spese totali di esercizio, per queste linee economiche, oscilleranno fra 1^L, 40 ed 1^L, 85 per ogni *Convolgio-Chilometro*, quando il servizio sarà fatto da un medesimo

convoglio all'andare ed al ritorno; nel caso in cui si ammetteranno giornalmente due o più convogli *simultanei* sulla stessa linea, le dette spese totali di esercizio potranno raggiungere 2^{le}, 10 per ogni *Convoglio-Chilometro*.

NOTE E SCHIARIMENTI

a) ¹⁾

In proposito dell'*aderenza* vedi: *Annuario Scientifico* di Milano, 1868 e 1869; *Année Scientifique* par L. Figuier, Paris 1869; Il *Politecnico* di Milano, fascicolo del mese di Giugno 1870; *Des Chemins de fer économiques*, par M.^r Paul Boubée Ingénieur, Florence 1869; *Les Chemins de fer d'intérêt local* par M.^r Level Ingénieur, Paris 1870; *Les Comptes rendus de la Société des Ingénieurs civils de Paris*, 1868 et 1869; etc.

b)

Queste piccole ruote inclinate, o *galets directeurs*, furono proposte la prima volta in Francia dal signor Arnoux, e vennero subito applicate sia in Francia sia in America. Questo congegno semplicissimo si adatta tanto alle macchine che ad ogni specie di wagone, e rende il materiale mobile suscettibile di passare in curve di raggio piccolissimo, perfino di 15^m, senza alcun pericolo che il convoglio possa uscire dalle rotaie.

c)

La fascia di caoutchouc che ricopre i cerchioni delle ruote motrici è dello spessore di 12 centimetri, ed all'esterno di essa si avvolge una catena formata da piastrine di ferro larghe po-

¹⁾ Queste lettere si riferiscono alle lettere identiche contenute nella precedente esposizione del sistema Cottrau.

chi centimetri e discoste fra loro di 8 centimetri al più da asse ad asse delle piastrine (a simiglianza delle ruote motrici nelle locomotive stradali Thompson). Cosicchè, per la elasticità stessa del caoutchouc, almeno 3 di queste piastrine saranno contemporaneamente in contatto del terreno.

Ciò posto, la superficie di contatto delle ruote motrici, sulla quale si ripartisce il peso della macchina, sarà molto grande, circa 900 centimetri quadrati, ed allora la pressione esercitata dalle dette ruote sul terreno battuto diventerà piccolissima e circa 10 volte inferiore a quella che si verifica pei nostri carri sulle strade ordinarie.

A cagion d'esempio, una macchina del sistema Cottrau, e del peso di 5 tonn., svilupperà sul terreno una pressione di circa 5^k , 50 per centimetro quadrato, mentre un carro ordinario, del peso di 2 tonn. ¹⁾, con ruote in ferro larghe 6 centimetri, produce sul terreno una pressione di circa 56^k per centimetro quadrato.

Questo fatto addimostra perchè la manutenzione delle strade carrettiere sia così costosa.



Non può sorgere alcun dubbio sulla possibilità di superare, con la macchina dell' Ing. Cottrau, le pendenze dell' 8 ed anche del 10 per $\%$, giacchè si hanno esempi di locomotive ordinarie (quelle dei signori Molinos e Pronnier e quelle del signor Forquenot) che hanno superato la pendenza del 9 p. $\%$, e ciò senza ricorrere ad un aumento artificiale dell'aderenza; e di locomotive stradali (quelle dei signori Aveling e Porter e quelle del signor Thompson) che giunsero a superare l'enorme pendenza del 13 $\%$. Ma egli è importante il notare che per le locomotive ordinarie, tenendo conto della loro velocità poco economica, col crescere delle pendenze diminuisce rapidamente l'aderenza utile del motore; e che per le locomotive stradali, col crescere delle pendenze aumentasi considerevolmente la

¹⁾ In Lombardia s'incontrano spesso dei carri, detti *bare*, caricati dell'enorme peso di 10 ad 11 tonnellate, le ruote avendo alle volte la larghezza di soli 5 centimetri. La pressione sviluppata da questi carri sul terreno equivale presso a poco a quella delle nostre locomotive ordinarie sulle rotaie.

resistenza della carica (la quale, come ognuno sa, poggia sul terreno); per modo che con questi due sistemi di locomozione, col crescere delle pendenze deve diminuire considerevolmente la carica da trascinarsi, e la trazione diventa quindi molto onerosa. Queste ragioni hanno fatto limitare le pendenze delle ferrovie ordinarie al 20 ed al più al 25 $\frac{m}{m}$, ed hanno generato verso le locomotive stradali quel disfavore del pubblico che tuttora si osserva.

Col sistema di locomozione-mista proposto dal sig. Cottrau, l'aderenza *utile* del motore deve diminuire insensibilmente col crescere delle pendenze, mentre la resistenza della carica (poggiata tutta sulle rotaie) dovrà crescere anche insensibilmente con le dette pendenze; epperò la carica che potrà essere rimorchiata dal motore, dovrà scemare molto lentamente coll'aumento dato alle rampe, e quindi le spese di trazione dovranno risultare molto meno onerose di quelle che si ottengono con gli altri sistemi di locomozione.

Non devesi dimenticare che per un'impianto economico di una linea del 3.^o ordine, è necessario ammettere pendenze molto forti; e che per rendere economico l'esercizio di essa linea, è mestieri che la trazione sia poco costosa, anche sulle forti rampe. In vista dunque di un esercizio economico, sarà prudente in pratica di non ammettere pendenze al di là del 55 $\frac{m}{m}$, salvo in qualche caso eccezionale o per tratti brevissimi.

e)

Il raggio minimo delle curve dipende dalla larghezza del binario, dalla velocità, e soprattutto dalla natura del materiale circolante.

In quanto alla larghezza del binario ed alla velocità, vedi le osservazioni *g)* e *k)* che seguono.

In quanto poi al materiale mobile, oltre quello che già si disse alla nota *b)*, fa d'uopo osservare che la ferrovia del Moncenisio (sistema Fell) e le ferrovie economiche del Larmanjat ci presentano curve di raggio inferiore a 40^m, e perfino di 5^m, 90 di raggio, locchè mette in chiaro la possibilità di consegnare il detto materiale mobile in guisa che esso circoli facilmente in qualsiasi curva.

Si noti per altro che la velocità ridotta, proposta dall'Inge-

gnere Cottrau, non potendo ostacolare l'ammissione di curve risentite, il limite del raggio minimo di queste curve sarà unicamente determinato dalla larghezza del binario prescelto, potendosi adottare curve tanto più risentite per quanto più stretto sarà il binario. — Ciò non ostante, e ricordando che nelle curve di piccolo raggio si sviluppano attriti potentissimi, i quali non solo scemano la forza utile del motore ma logorano eziandio prontamente il materiale fisso ed il materiale circolante, sarà prudente stabilire 40^m quale limite *minimo* per i raggi delle curve.

f)

Sulle ferrovie ordinarie il peso delle rotaie è in media di 36^k a metro corrente, a cagione del peso enorme delle locomotive che vi debbono gravitare; ma nel sistema Cottrau, le rotaie non debbono sopportare altro peso che quello solamente della carica del convoglio; per modo che l'armamento può farsi leggerissimo, senza alcuno inconveniente, adoperando rotaie da 12^k a 16^k, 50 a metro lineare. Ciò nullameno, allo scopo di prevenire un troppo rapido consumo del binario, l'istesso Ing. Cottrau consiglia l'impiego di rotaie pesanti non meno di 15^k a metro corrente.

g)

La larghezza del binario da prescegliersi per ogni linea economica deve dipendere dall'importanza e dalla natura del traffico, e specialmente dalle circostanze locali delle stazioni estreme. — La larghezza normale 1^m 50 del binario dovrà conservarsi per tutte quelle linee che si allacciano a qualche ferrovia principale ed offrono un traffico abbastanza importante, oppure un traffico che con l'andar del tempo e con lo sviluppo crescente del commercio e dell'industria potrà diventare importante; e per quelle linee il cui traffico riflette solo il trasporto di merci che non possono assoggettarsi al trabalzo (*transbordement*) senza gravi perdite o avarie; di vero, in questi casi, il piccolo aumento di spesa nella costruzione, cagionato dalla maggior larghezza del binario, sarà sempre largamente compensato dai benefici e dalle economie che si dovranno ricavare dall'esercizio della grande e della piccola linea. — Il binario ristretto converrà invece a tutte quelle piccole linee il cui

traffico non si troverà nelle condizioni di sopra esposte, ed a quelle che metteranno capo direttamente a qualche porto, o semplicemente a qualche città marittima, invece di collegarsi ad una ferrovia principale.

In ordine alla larghezza del binario vedi il *Rapporto al ministero dei Lavori Pubblici sulle ferrovie economiche stabilite in Europa*, per l'Ing. Commendatore F. Biglia, 1867; e l'opuscolo *Le Ferrovie economiche* per l'Ing. Fr. C. Paolo Boubée (Vol.^{me} 76 della *Scienza del Popolo*, E. Treves editore, Milano, 1869).

h)

Per maggiori dettagli sulle condizioni del tracciato in relazione alla economia nella costruzione e nell'esercizio delle ferrovie del 3.^o ordine, vedi tutte le opere già citate nelle precedenti note.

i)

In Francia, col decreto imperiale del 12 Luglio 1865, venne definitivamente concesso alle Società ferroviarie private la facoltà d'impiantare strade ferrate economiche sulle strade nazionali e *dipartimentali* (dette in Italia provinciali), abbenchè queste strade non avessero in molti casi una larghezza superiore ai 7^m. In Inghilterra, nel Belgio, nella Scozia, nella Svezia ecc. tale facoltà era stata concessa tacitamente già da molti anni. Epperò non è da supporre che la medesima facoltà venga ricisamente negata in Italia, dove le strade nazionali e le provinciali hanno una larghezza media di 9 a 10 metri. Si noti che la cessione gratuita di una zona di 3^m lateralmente alle strade rotabili, costituisce il principale elemento di economia nella costruzione delle ferrovie del 3.^o ordine; e di vero in tal caso non abbisogna più sottostare all'acquisto di costosi terreni, nè alle ingenti spese per studii, movimenti di terra ed opere d'arti, potendosi facilmente e con poca spesa allargare convenevolmente i ponti e gli aquedotti di sezione troppo ristretta; oltre a che, la naturale diminuzione del traffico sulla rotabile, e la sezione più ristretta di questa, dovranno scemare sensibilmente le spese attuali di manutenzione. Laonde è interesse dello Stato e delle Province di promuovere l'impianto di

ferrovie economiche sulle nostre strade carrettieri ; tanto più che il capitale necessario alla costruzione di queste linee diventando per tal modo assai mite, e le spese di esercizio potendo essere maggiormente garentite dal prodotto del traffico, lo Stato e le Province non saranno obbligati a gravare i loro bilanci annuali con sovvenzioni onerose allo scopo di assicurare la vita delle ferrovie d'interesse locale.

*)

La velocità di 8 chilometri all'ora corrisponde alle pendenze superiori al 45 p. $\frac{m}{m}$; la velocità di 18 chilometri all'ora corrisponde alle pendenze inferiori al 15 p. $\frac{m}{m}$; per le pendenze intermedie, cioè comprese fra il 15 ed il 45 p. $\frac{m}{m}$, la velocità sarà compresa fra gli 8 ed i 18 chilometri, e sarà regolata mediante l'ammissione e l'espansione del vapore. — Si noti che nei paesi di montagna le diligenze postali non fanno più di 4 chilometri all'ora, e che le ferrovie ordinarie, con pendenze del 25 $\frac{m}{m}$, non offrono velocità superiori a 16 o 18 chilometri all'ora, cosicchè sulle linee economiche proposte dall'Ing. Cottrau la velocità sarà per lo meno doppia di quella che si ottiene con le diligenze, ed eguale a quella delle ferrovie ordinarie su pendenze *relativamente* forti.

(Vedi *Annuario Scientifico* di Milano, 1868, ed *Année Scientifique de L. Figuier*, 1869).

*)

L'esperienza ha consacrato per le locomotive stradali che la carica lorda trascinata sul terreno varia a seconda delle pendenze da 0,90 a 3 volte il peso del motore. Ora, se la carica scorresse sulle rotaie, la resistenza alla trazione sarebbe tanto inferiore a quella che si manifesta quando la carica gravita sul terreno, per quanto il coefficiente di aderenza del ferro sul ferro è inferiore a quello del ferro sul terreno, cioè al *minimo* 4 volte inferiore. Laonde col sistema di locomozione proposto dall'Ing. Cottrau deve necessariamente rimorchiare, col medesimo sforzo di trazione, una carica circa 4 volte maggiore di quella rimorchiata dalle locomotive stradali sulle strade carrettieri, ovvero una carica da 3,60 a 12 volte il peso del mo-

tore. — Questo fatto appalesa in favore del sistema Cottrau la possibilità di proporzionare il peso del motore, e quindi lo sforzo di trazione, al traffico effettivo della linea economica.

(Vedi *Note adressée à la Société des Ingénieurs Civils de Paris*, par Fr. C. Paul Boubée, Ingénieur, 1870).

222)

Le spese d'impianto necessitate dal materiale circolante dipendono esclusivamente dall'importanza e dalla natura del traffico della linea economica; esse sono quindi affatto indipendenti dalla lunghezza della linea medesima. Non pertanto tali spese essendo determinate *a priori*, e dovendosi poscia ripartire chilometricamente su tutta la ferrovia, ne segue che il costo chilometrico del materiale mobile aumenterà o diminuirà in ragione inversa della lunghezza della linea. Di fatto il costo chilometrico di un materiale mobile del valore di L. 50,000, sarà di L. 5000 quando la ferrovia avesse uno sviluppo di 10 chilometri, e sarà invece di L. 2500 quando la linea fosse lunga 20 chilometri.

Egli è inoltre generalmente ammesso che, per un dato traffico, un medesimo materiale circolante può bastare all'esercizio di una ferrovia economica la cui lunghezza variesse da 5 a 20 chilometri; e che col crescere di questa lunghezza fino al doppio, il valore del materiale mobile aumenta solo della metà, cioè a dire che per ferrovie economiche di uno sviluppo compreso fra 21 e 40 chilometri, il costo totale del materiale circolante sarà eguale a circa 1 volta e $\frac{1}{2}$ quello necessario per una linea da 5 a 20 chilometri. — Rispetto dunque al materiale mobile, il costo chilometrico della costruzione di una ferrovia economica decrescerà con l'aumento di lunghezza della linea, ed aumenterà invece col decrescere dello sviluppo della ferrovia.

223)

Le spese di trazione variano certamente con le circostanze speciali del tracciato, del motore, della velocità, delle pendenze ecc.; mentre le spese generali di esercizio possono considerarsi sensibilmente costanti per una data lunghezza di linea e per un dato numero di convogli giornalieri. — Intanto dalle

numeroso osservazioni statistiche fatte sulle diverse linee economiche attualmente in esercizio all'estero, si è dedotto che la somma totale delle spese di esercizio per queste ferrovie, ragguagliata ad un convoglio-chilometro, varia fra i limiti abbastanza ristretti di L. 1,75 a L. 2,30; e nel caso in cui 2 o più convogli giornalieri debbono simultaneamente percorrere la linea, la detta spesa può elevarsi fino a L. 2,65, e ciò per l'indispensabile aumento che deve avverarsi nelle spese generali di amministrazione, di personale, di stazioni, di scambi, di telegrafo ecc. — E si è osservato altresì che le spese di trazione equivalgono in media ai $\frac{2}{3}$ delle spese totali di esercizio ¹⁾).

Ciò posto, dovendosi tener conto del caro del combustibile in Italia, e della maggiore carica trascinata col sistema Cottrau con un medesimo sforzo di trazione, le quali cose danno in complesso una economia di $\frac{1}{3}$ sulle spese di esercizio che si verificano all'estero ²⁾), potranno stabilirsi come limiti del co-

¹⁾ Vedi il Rapporto del Comm. F. Biglia ed il libro dell' Ing. Level, già citati nelle precedenti note.

²⁾ Di fatto, chiamiamo x il costo della trazione sulle linee estere per una data carica a .

A cagione del caro del combustibile, la trazione della medesima carica a dovrebbe costare in Italia

$$x + \frac{1}{2} x = \frac{3}{2} x.$$

Ma col sistema Cottrau potendosi rimorchiare, col medesimo sforzo di trazione, una carica 4 volte maggiore, avverrà che per la carica a si spenderà al massimo $\frac{2}{3}$ di quanto prima sarebbesi speso, ossia

$$\frac{1}{3} \times \frac{3}{2} x = \frac{1}{2} x,$$

ottenendosi per tal modo una economia effettiva di $\frac{1}{2} x$ sulle spese di trazione all'estero.

Ma dall'esperienza dovendosi ritenere $x = \frac{2}{5} E$ (E rappresentando le spese totali di esercizio per la data carica a), ne segue che l'accennata economia $\frac{1}{2} x$ si cambia in

$$\frac{1}{2} \times \frac{2}{5} E = \frac{1}{5} E;$$

il che vuol dire che col sistema Cottrau si ottiene una economia del quinto sulle spese totali di esercizio delle ferrovie economiche estere.

sto di un convoglio-chilometro sistema Cottrau , L. 1,40 e L. 1,85 pel primo caso, e L. 2,10 pel secondo caso; e si potrà ritenere come molto approssimato il prezzo medio di L. 1,75 per convoglio-chilometro negli studi preliminari di qualsiasi linea economica secondo il detto sistema dell'Ingegnere Cottrau.

F. C. B.

ALLEGATO I.

Firenze 26 Marzo 1866

All' Ill.^o Sig. Commendatore Bona
Direttore Generale delle Ferrovie Meridionali

Firenze

Ill.^{mo} Sig. Commendatore

Ieri Ella mi ha ascoltato con tale benevolenza, quando le ho tenuto parola delle mie *ferrovie economiche*, che mi fo ora ardito scriverle la presente, per vie meglio spiegarle quale sarebbe il sistema di trazione economica da me immaginato, per tutti quei casi in cui, sia a cagione delle difficoltà del *tracciato*, sia a cagione della tenuità del traffico probabile, non si potrà eseguire una ferrovia col sistema usuale, essendo ormai noto che l'attuale sistema (anche ammettendo una riduzione nella larghezza del binario e tutte quante le possibili economie) riesca sempre *troppo costoso* d'impianto, sempre che il prodotto lordo annuo della linea non oltrepassi almeno le 5 o 6000 Lire al Chilometro.

Il sistema di locomozione mista che io propongo adunque alla S. V. Ill.^{ma} (specialmente per il noto tratto di allacciamento della nostra linea Termoli-Napoli con la città di Campobasso) non ha per iscopo di rimpiazzare il sistema usuale sulle grandi linee; ma bensì di sostituirlo modestamente ogniqualvolta si verifichi il caso di un *tronco di diramazione*, sul quale non sia possibile adottare una ferrovia ordinaria senza ricorrere a *gravosissimi* sacrificii per parte dello Stato! — Sacrificii del resto che, a parer mio, non si dovrebbero pretendere allorquando si tratta d'interessi puramente *locali*. — Il mio sistema potrebbe finalmente applicarsi, ma in modo del tutto provvisorio, anche sulle grandi linee *in costruzione*, allo scopo di

collegare insieme due tronchi già ultimati, ma divisi fra loro da un tratto intermedio di difficile e però di lunga esecuzione.

Ciò premesso, le farò notare:

1.^o Che chi dice *ferrovia economica*, ammette implicitamente l'idea di forti pendenze e di curve di raggio risentito; la maggiore delle economie in una ferrovia, essendo quella di evitare i movimenti di terra e le opere d'arte, seguendo per così dire col tracciato tutte quante le sinuosità naturali del terreno.

2.^o Che ammettendo queste forti pendenze e queste curve risentite, il sistema di trazione usuale non è più *ammessibile*, checchè se ne dica, salvo il caso di un *traffico potente* e quindi *rimuneratore*.

E con ciò, Ill.^{mo} Sig. Commendatore, non intendo mica asserire che con le locomotive usuali non si possano superare forti pendenze; ma bensì che l'*effetto utile* che si ricava dal loro impiego sulle *forti pendenze* è talmente meschino, che non lo si può logicamente ammettere su di una *ferrovia economica*.

La *potenza* di una locomotiva usuale è infatti rappresentata dal volume di vapore, ad una data pressione, prodotto dalla sua caldaia nella unità di tempo; e questa *potenza* (non tenendo conto delle resistenze passive dovute al meccanismo) si trasmette a mezzo delle *ruote motrici*; le quali sono dei veri ingranaggi infinitesimali; e si traduce finalmente in due elementi, il *carico trascinato* e la *velocità*, il cui *prodotto* è costante ed uguale alla *potenza*

$$P = C \times V$$

E per una *ferrovia economica*, la locomotiva più perfetta sarà quella con la quale si raggiungerà il *massimo* per *C*; *P* rimanendo costante. Ma il fattore *C* (ossia il carico trascinato) essendo limitato dal *coefficiente di aderenza* fra le ruote motrici e le rotaie, ne risulta che con le locomotive usuali non si può a volontà aumentare *C* diminuendo *V*, ossia *trascinar molto* contentandosi di camminare a piccolissima velocità; ciò che corrisponderebbe appunto alla *economia massima* che dovrebbero cercare di conseguire in una ferrovia *veramente economica*.

In breve, a parer mio, sulle *ferrovie economiche* (le quali sono essenzialmente destinate al servizio merci) si dovrebbe sacrificare la *velocità* alla *carica trascinata*, onde ottenere i

maggiori possibili risparmi sulle spese di trazione, ed è ciò appunto che non si può conseguire col sistema usuale!

Inoltre, se su di una ferrovia *secondaria veramente economica*, si ammettono forti pendenze e curve di raggio piccolissimo (ed altrimenti non si può fare), non si può nemmeno per ragione di economia nell'*armamento* ammettere il sistema usuale.

Consideriamo infatti una ferrovia *economica* avente treni del peso di 25 tonnellate soltanto, pendenze del $45^{\circ}/_{100}$, e curve di 30 a 40 metri di raggio. La locomotiva-tender che dovrà adoperarsi su di una tale linea dovrà pesare vuota non meno di 21 tonnellate, ossia *non meno* di 24 tonnellate *in marcia*.

Or bene, tenuto conto della ristrettezza delle curve, questa macchina non potrà avere che *due* soli assi (nel caso di tre assi, bisognerebbe portare il raggio delle curve almeno a 120 metri, e quindi spendere assai più come impianto), ed il carico su cadauno dei detti assi risulterà di circa 12 tonnellate.

Si dovranno allora adottare rotaie di 40 chilogrammi almeno al metro lineare, ossia ammettere un *armamento* che costerà dalle 35 alle 40,000 lire al chilometro!

Tutto questo mio ragionamento non regge più, il so, allorché si tratta di una ferrovia a forte traffico; perchè in questo caso, la *velocità* non solo è cosa *indispensabile*, ma benanche perchè il prodotto netto essendo assai rilevante, si può (anzi si *deve* in molti casi) spendere molto nello impianto, per assicurarsi nello esercizio la più grande rapidità dei trasporti!

Penetrato adunque di queste idee, che a me sembrano verità incontestabili, ho immaginato una ferrovia nella quale i vagoni (ossia il carico trascinato) camminerebbero su due rotaie, discoste 1,^m500 come nel sistema usuale, nel mentre che il *motore* camminerebbe sul suolo, ossia sulla zona di *terreno battuto* compreso fra le due rotaie.

Il motore, da me immaginato, sarebbe adunque una vera *locomotiva-stradale* (Engine-Traction) salvo che, a mezzo di un congegno speciale, esso sarebbe per così dire costretto a mantenersi fra le due rotaie, trascinandosi dietro il *treno* le cui ruote poggierebbero tutte quante sulle rotaie, a fin di ridurre al minimo possibile la resistenza alla trazione del carico rimorchiato.

Questo sistema, semplicissimo abbenchè nuovo come idea,

parmi che accoppierebbe (sempre che si voglia sacrificare la *velocità* alla *economia* dei trasporti) i pregi del sistema usuale di ferrovie, con quelli ormai incontestabili delle locomotive-stradali.

Esso riescirebbe assai economico di *costruzione*, perchè permetterebbe di adottare nel tracciato pendenze e curve sensibilmente identiche a quelle delle strade carrettiere ordinarie; ed anche assai economico come *spese di trazione* rispetto al sistema usuale, sempre che si voglia ammettere come *assioma* che una ferrovia non si può eseguire economicamente senza ammettere pendenze e curve esagerate.

L'armamento potrebbe essere *leggerissimo*, perchè le rotaie non dovrebbero sostenere che il solo peso dei *vagoni*, ossia cinque tonnellate al più su ogni sala.

Beninteso, non saprei da ora dirle quale disegno preciso bisognerebbe adottare per la mia *macchina* (lascio questa cura a chi più di me è competente nella materia), nè a *fortiori* quali sarebbero le spese probabili di *trazione*; ma, per farmene una idea, ho ragionato nel modo seguente :

Le spese di trazione sulle ferrovie ordinarie variano da 0^l,02 (in pianura) a 0^l,45 (piano inclinato dei Giovi, pendenza 35^{"/₁₀₀}) per tonnellata-chilometro; quelle sulle strade ordinarie da 0^l,20 a 0^l,40 parimenti per tonnellata-chilometro; quelle finalmente verificatesi con le locomotive-stradali, dietro gli esperimenti sinora fatti, da 0^l,15 a 0^l,25 sempre per tonnellata-chilometro. Sicchè, ammettendo in primo luogo che con le locomotive-stradali si spenda in media 0^l,20 per tonnellata-chilometro, ed in secondo luogo che il *coefficiente di aderenza* fra le ruote motrici ed il terreno battuto sia *soltanto* cinque volte superiore a quello fra le stesse ruote motrici e le rotaie, potrei col mio sistema (riducendo beninteso la velocità) trascinare, a *peso uguale del motore*, un carico cinque volte superiore, e quindi spendere sole 0^l,04 a tonnellata-chilometro, invece di 0^l,20. È notisi, che detto risultato si otterrebbe, secondo me, su pendenze del 40 al 50^{"/₁₀₀}, laddove col sistema usuale di ferrovie si spenderebbe per lo meno 0^l,45 per tonnellata-chilometro!

Ciò premesso, le dirò, Ill.^{mo} Sig. Commendatore, che due sole sono le obbiezioni *serie* che si potranno muovere al mio sistema :

La prima, che le *ruote motrici* della mia macchina rovineranno la zona di terreno battuto sulla quale dovranno muoversi. Ma questa obbiezione non ha nessun valore pratico, per poco si consideri che la mia macchina peserebbe solo cinque o sei tonnellate (*ossia assai meno di una carretta ordinaria*), ed avrebbe ruote larghe cinque o sei volte di più di quelle usate per i carri usuali; sicchè la pressione per centimetro quadrato sul terreno battuto deve necessariamente risultare assai piccola.

D'altronde a questo inconveniente si potrebbe *forse* anche riparare adottando, per le *ruote motrici*, dei *cercchioni* in caoutchouc vulcanizzato (ciò che aumenterebbe anche sensibilmente l'aderenza e quindi anche l'effetto utile) ad imitazione dei carrelli, che si adoperano nell'interno di alcune stazioni ferroviarie francesi per il trasporto dei bagagli, allo scopo di evitare il frastuono prodotto dalle ruote metalliche.

Ma, mi si dirà, in questo caso come evitare il *logoramento* dei detti *cercchioni* di caoutchouc? — È quel che non saprei dirle in verità; ma ho però la convinzione che, ammessa questa idea, non sarebbe difficile trovare una soluzione pratica del problema!

La seconda obbiezione seria, che si potrà muovere al mio sistema, è che per ottenere gli effetti utili promessi, non basterà il *quantitativo* di vapore che potrà sviluppare la mia caldaia. Ed a questa obbiezione risponderò, in primo luogo, citando i risultati veramente straordinari di *sforzi di trazione* ottenuti in questi ultimi due anni con le locomotive-stradali, ed in secondo luogo, asserendo che con gli attuali progressi delle arti meccaniche non sarà difficile trovare una *caldaia*, capace di funzionare in modo costante e sicuro, a pressioni di *otto, dieci*, ed anche *dodici* atmosfere.

Ed in questo caso, il problema sarebbe risoluto!

Non mi dilungherò nel confrontare finalmente il mio sistema con le così dette *Ferrovie a cavalli* (il mio sistema non essendo in fin dei conti che un *tramway* nel quale i cavalli sarebbero sostituiti da un motore a vapore), perchè è ormai cosa nota che ogniquale volta si ammettono pendenze forti, la *trazione* sui *tramway* diventa costosissima — Prova ne sia i successivi fallimenti di quasi tutte le imprese di *ferrovie a cavalli*, le quali hanno basato i loro calcoli sui prodotti dei *tramways* di Parigi

io di altre grandi Città), senza considerare che in quella grande metropoli il traffico è tale da coprire le spese di qualsiasi sistema di trazione per imperfetto che sia. La ragione, del resto, per la quale io mi spiego la superiorità economica della trazione *a vapore* su quella *a cavalli*, è che il *motore a vapore* non consuma che nelle sole ore di lavoro, nel mentre il *cavallo* mangia sempre, che lavori o pur no, ed anche spesso casca ammalato.

Conchiuderò, Ill.^{mo} Sig. Commendatore, pregandola di scusare la prolissità di questa mia: ma, trattasi di una questione d'interesse *talmente vitale* per il nostro bel paese, che non ho saputo oggi trattenere la mia penna, come ieri non seppi trattenere la mia lingua!

Ella mi ha detto non poter far nulla senza il consenso dei Deputati di quelle provincie maggiormente interessate nella questione dei tracciati di nuove linee ferroviarie, e mi ha quindi suggerito di discorrerne secoloro e di persuaderli; ma pur troppo la mia voce è poco autorevole per sperare di ottenere tanto! Soprattutto se si considera quanto poco sia facil cosa mettere di accordo i nostri signori Deputati in quistioni di siffatto genere!

Sicchè io mi rivolgo a Lei, Sig. Commendatore, come alla sola persona che potrebbe dare autorità alle mie idee, e non le chieggo altro, per ora, se non che di far studiare seriamente la questione.

Con questa speranza, mi confermo intanto

Suo dev.^{mo} ed obb.^{mo} Servo
ALFREDO COTTRAU ¹⁾

¹⁾ A questa lettera il Sig. Commendatore Bona rispose verbalmente, incoraggiando l'Ing. Cottrau a continuare i suoi studi di dettagli del sistema, e promellendogli qualsiasi appoggio materiale e morale per assecondarne la riuscita.

Le vicende politiche di quel medesimo anno 1866, contribuirono non poco a rendere infruttuose siffatte generose parole del Direttore Generale delle Ferrovie meridionali.

ALLEGATO II.

Foggia 17 Agosto 1868

All' Ill.^o Sig. Commendatore Ruva
Direttore dell' Esercizio delle Ferrovie Meridionali
Ancona

Ill.^{mo} Sig. Commendatore

Approfittando della gentile promessa fattami ieri mattina, in seguito al colloquio che la S. V. Ill.^{ma} mi fece l'onore di concedermi, mi fo ardito scriverle la presente, onde spiegarle in poche parole il sistema di *ferrovie economiche* da me immaginato, e chiederle se Ella, giudice competentissimo in simile materia, crede che questo mio sistema valga la pena di essere studiato nei suoi dettagli, onde potesse farsene un esperimento pratico.

Ritenendo siccome punto di partenza, che una ferrovia *non può eseguirsi economicamente*, salvo rarissime eccezioni, senza assoggettarsi a pendenze di almeno *quindici* millimetri per metro ed a curve di raggio limitato; e visto che nelle ferrovie *usuali* l'aderenza delle ruote motrici, se sempre sufficiente allorchando si tratta di ferrovie con pendenze non eccedenti i **10** millimetri per metro, *non lo è più* con pendenze maggiori (ed anzi che la detta aderenza è tanto più insufficiente per quanto *cresce* la pendenza); ho immaginato una ferrovia nella quale i vagoni camminano sopra due rotaie discoste **4^m 50** come nelle ferrovie usuali (per evitare i *trasbordi* delle merci ai punti di allacciamento di questa linea di diramazione con la linea principale), mentre le ruote motrici del motore poggiano invece sulla zona di *terreno battuto* compreso fra le due rotaie.

Come conseguenza di questa nuova disposizione stradale, ho dovuto poi immaginare una speciale locomotiva, la quale del resto, salvo qualche opportuna modificazione per guidarla *automaticamente* fra le due rotaie, non è altro che una cosiddetta *locomotiva-stradale*.

Ciò premesso, e senza entrare in maggiori dettagli, mi permetto di chiedere alla S. V. Ill.^{ma}, se crede come me:

1.° Che una ferrovia costrutta su questa idea non costerà oltre un ventimila lire al chilometro, dato il caso che la si possa impiantare su di una carreggiata già esistente;

2.° Che la superiorità di questo sistema su quello usuale, quasi insensibile (al punto di vista della *trazione*) allorquando si ammettono pendenze *assai* limitate e velocità piuttosto forte, *aumenterà col crescere delle dette pendenze* e col diminuire la velocità, rimanendo sempre per altro a questo sistema il vantaggio inestimabile *per ferrovie di diramazione e quindi con debole traffico*, di costare nell'impianto il quarto e forse anche il quinto di quel che costerebbe una ferrovia usuale;

3.° Che non è sperabile nella nostra Italia *di dar vita* alle nostre grandi linee, e specialmente a quelle meridionali, senza un buon sistema di diramazioni; e che non è altresì possibile, *al punto di vista economico*, di costruire le dette diramazioni col sistema usuale, a cagione della troppo forte spesa che occorrerebbe per la loro costruzione;

4.° Che la grande velocità dei treni, *indispensabile* nelle grandi linee, e raggiunta col sistema usuale, non lo è più che in modo affatto *secondario* su diramazioni di poca lunghezza e destinate essenzialmente al trasporto delle merci;

5.° Che sarebbe *desiderabile* un esperimento pratico fatto su di una ferrovia secondo il mio sistema, onde accertarsi della realtà dei fatti, e che laddove questo esperimento si facesse per cura della nostra Società delle ferrovie meridionali, questa non arrischierebbe al certo, *e su di una idea giusta*, che poche migliaia di lire;

6.° Che il mio sistema a *due* rotaie è superiore, al punto di vista pratico, a quello ad *una sola* rotaia e basato sulla stessa mia idea dell'aderenza delle ruote motrici sul suolo (sistema testè sperimentato con esito felice dal Sig. Larmanjat presso Parigi, e precisamente sulla linea Raincy-Montfermeil).

Chiudo questa lettera e non mi rimane, egregio sig. Ingegnere, che a chiederle scusa del troppo discorrere, ed a ringraziarla anticipatamente dei giudizi e suggerimenti che Ella sarà per comunicarmi su di un argomento di sì grande interesse pel nostro paese; mi riconfermo intanto della S. V. Ill.^{ma}

Dev.^{mo} Servo
ALFREDO COTTRAU

ALLEGATO III.

Ancona li 23 Settembre 1868.

Stimatissimo Sig. Ingegnere Cav. Cottrau

Ho esaminato il progetto dalla S. V. ideato d'una locomotiva destinata al rimorchio dei convogli su ferrovie economiche di non grande traffico.

Ella propone piccole locomotive a quattro ruote delle quali, le anteriori, poco caricate, scorrerebbero portate dalle due rotaie della ferrovia nel modo ordinario, e le posteriori, motrici, portando la maggior parte del peso della locomotiva, poggierebbero e camminerebbero sul terreno fra le due rotaie.

L'attrito di scorrimento del ferro sul terreno essendo molto più grande di quello del ferro su ferro, ne segue che *nel sistema da Lei proposto l'adesione delle ruote motrici sul terreno sarà maggiore che non nel sistema di locomotive in uso sulle ferrovie, e quindi i treni, nel nuovo sistema, potranno essere rimorchiati da locomotive più leggiere e più economiche.*

L'applicazione della locomobile alla trazione sulle strade ordinarie, se non economicamente, almeno per la sua pratica attuabilità, è un problema risolto; quindi è certo che anche la locomotiva dalla S. V. proposta, con due ruote sulle rotaie e due sul terreno, potrà camminare traendosi dietro un convoglio.

Se poi l'attuazione del nuovo sistema sia conveniente dal lato economico è ciò che per ora io non saprei dire, e solo l'esperienza potrà additarcelo col farci conoscere il coefficiente d'adesione delle ruote motrici sul terreno. Se questo coefficiente sarà quattro o cinque volte maggiore di quello delle ruote motrici delle locomotive ordinarie sulle rotaie di ferro, allora io credo anche economicamente risolto il problema; in caso diverso sarà da preferirsi la locomotiva-tender ordinaria in cui tutto il peso della macchina concorre a produrre l'adesione. Infatti se l'attrito di scorrimento del ferro sul terreno fosse

soltanto 0.33 del peso, come nel caso di una cassa di legno che scorre su terra battuta, allora l'adesione nelle locomotive ordinarie essendo eguale al settimo del peso sulle ruote motrici, ne risulterebbe per la nuova locomotiva un'adesione soltanto due volte e mezzo maggiore della prima. Ciò essendo, se nella locomotiva del nuovo sistema si fanno portare otto tonnellate sulle ruote motrici (e maggior peso mi pare non si possa applicare), l'adesione sarà uguale a quella di una locomotiva ordinaria a sei ruote accoppiate di 20 tonnellate, ed in questa ipotesi la locomotiva ordinaria sarebbe da preferirsi, perchè avendo maggior peso avrà anche in proporzione maggior superficie riscaldata nella caldaja, e produrrà quindi una più grande quantità di vapore che farà più celeremente camminare il convoglio¹⁾.

Come dissi più sopra, se nel nuovo sistema l'adesione delle ruote motrici sul terreno fosse per risultare dall'esperienza quattro o cinque volte maggiore di quella delle ruote motrici delle locomotive ordinarie sulle rotaie di ferro, la questione delle ferrovie economiche a traffico limitato sarebbe, colle locomotive dalla S. V. proposte, *un passo assai importante, e per questo io fo voti, e le auguro, che possa trovare chi faccia le spese di un esperimento con una piccola locomotiva di 8 o 10 tonnellate di peso, sopra un tratto di 2 chilometri di ferrovia avente pendenze del 3 al 4 per %.*

Mi creda colla più distinta considerazione

Suo dev.^{mo} Servo
Ing. D. RUVA

¹⁾ Vedi sul proposito le osservazioni dell'Ing. Cottrau, Allegato 4.^o seguente.

ALLEGATO IV.

Foggia 1 Ottobre 1868

All' Ill. Sig. Commendatore Bona
Direttore Generale delle ferrovie Meridionali
Firenze

Ill.^{ma} Sig. Commendatore

Avendomi la S. V. Ill.^{ma} fatto sperare un' applicazione pratica del mio sistema di ferrovie economiche, a condizione però di ottenerne io *direttamente* l'approvazione dell' egregio Ingegnere Comm. Ruva, mi fo ardito rimmetterle qui unito, copia:

- 1.^o di una lettera da me indirizzata al suddetto;
- 2.^o della risposta ricevuta dal medesimo;
- 3.^o di un estratto del *Carnet des Ingénieurs*, col quale vien dimostrato non ammissibile l'unico dubbio sollevato dal signor Comm. Ruva.

A difesa del mio dire, aggiungerò che volendo *anche* ammettere *a priori* che l'attrito di scorrimento del ferro sul terreno battuto sia *soltanto* due volte e mezzo maggiore di quello del ferro sul ferro (ciò che non è), non ne rimane men vero che il mio sistema sarà sempre *economicamente* superiore a quello *usuale*, ogniqualevolta si avranno pendenze *superiori* al 15 per 1000; ossia, ogniqualevolta si vorrà costruire una ferrovia *veramente* economica, oppure impiantarla su di una *rotabile* già esistente; perchè anche in paese di pianura (veggansi i rilevati e le trincee della nostra linea Foggia-S. Severo) pendenze *ve ne sono sempre*, e soprattutto perchè (*bisogna notarlo*) nel confronto che il signor Comm. Ruva stabilisce fra una mia locomotiva di otto tonnellate ed una locomotiva usuale di 20 tonnellate, egli ammette tacitamente *che si tratti di ferrovie a pendenze limitate....* Se no, la conclusione sarebbe tutt'altra!

In tutti i casi poi, ed anche con una ferrovia in piano, è in-

negabile che la mia ferrovia riuscirà *sempre più economica* dell'usuale, perchè esige *rotaie e macchine assai più leggiere*.

Le fo notare eziandio che col mio sistema (dato il caso che se ne riconoscesse l'utilità) posso, per così dire, aumentare *meccanicamente* l'adesione delle ruote motrici sul terreno, dando loro una superficie di rotolamento *non liscia* (in lamiera *striata*, per esempio).

L'esperimento desiderato dal signor Comm. Ruva costerebbe all'incirca, *alle Meridionali*, un quattordici mila lire, ossia 10,000 per la macchina e 4000 per l'armamento; e nel caso di non riuscita la macchina potrebbe servire quale *locomobile* nelle nostre officine di riparazione. Ciò che arrischierebbe la Società, sarebbe adunque meschinissima somma, tenuto soprattutto conto e della importanza della cosa e delle grandi probabilità di riuscita.

Chiudo questa mia lettera ed altro non aggiungo, perchè certo dell'interesse che la S. V. Ill.^{ma} mi ha sempre dimostrato, se non che di esaminare la tavola 23 e 24 dell'Oppermann (*Portefeuille des machines*, 1868) se vuole avere una *idea* della mia locomotiva; l'apparecchio Feugère (fatto ad uso locomotiva *stradale*) non differendo essenzialmente dal mio che nel *non avere* un avantreno mobile con *galets directeurs* poggianti sul binario.

Dividendo per 5 (ed anche se crede per 4), le spese di trazione ottenute colla locomotiva stradale Feugère, avrà con grande approssimazione il *maximum* delle spese di trazione del mio sistema.

Mi creda intanto

Suo dev.^{mo} ed obbl.^{mo} Servo
ALFREDO COTTRAU

ALLEGATO IV *bis.*

Extrait du Carnet des Ingénieurs, 44.^e édition, par Jules Gaudry

Paris, Librairie Lacroix et Baudry, 1860 — Page 112.

(Voir Morin, Leçons de mécanique et Aide-Mémoire)

Tableau des rapports de la force de tirage sur diverses routes à la charge totale trainée (voiture comprise).

Résultats des expériences de M.^{rs} Boulard, Rumford, Régnier etc.

NATURE DE LA VOIE SUPPOSÉE HORIZONTALE	Rapport du tirage à la charge totale
Terrain naturel, non battu et argileux, mais sec .	0,250
" " siliceux et crayeux .	0,165
Terrain ferme, battu et <i>très-uni</i>	0,040
Chaussées en sable ou cailloutis nouvellement placés	0,125
" en empierrement à l'état d'entretien ordinaire	0,080
" <i>parfaitement</i> entretenue et roulante	0,033
.	
.	
Chemins de fer, à ornieres saillantes (Rails), en bon état d'entretien.	0,007
d.° d.° <i>parfaitement</i> en- tretien.	0,005

N. B. Da questo quadro risulta: che per trascinare un carro del peso di una tonnellata su di una strada orizzontale, ci vuole uno sforzo variabile dai 33 ai 125 chilogrammi se le ruote poggiano sul *terreno battuto*, nel mentre che soli 5 a 7 chilogrammi basteranno se le ruote poggiano su rotaie salienti in ferro.

Ammettendo quindi il caso più sfavorevole per mio sistema, si può ritenere che l'aderenza del ferro sul ferro (sistema usuale) sta all'aderenza del ferro sul terreno battuto (sistema da me proposto) come 7 sta a 33, ossia all'incirca come 1 sta a 5.

ALFREDO COITRAU

ALLEGATO V.

(Estratto dall'Annuario Scientifico di Milano, 1868, 2.^a parte, pag. 521)

L'economia nella costruzione di una ferrovia si può raggiungere in molti modi. Innanzi tutto la si ottiene col tracciamento stesso della linea, ammettendo curve e pendenze più forti delle ordinarie, ove è necessario per evitare trincee, argini, gallerie e viadotti dispendiosi: poi coll'abolizione delle case cantoniere, delle grù d'alimentazione e di altri accessori che son resi necessari alle grandi linee dall'importanza del transito e dalla natura dell'esercizio che si richiede da esse. Nei manufatti, nelle stazioni, è soppresso tutto ciò che è lusso ed apparenza; l'armamento della via è alleggerito in ragione della riduzione del peso del materiale mobile e delle macchine.

L'economia nella costruzione è spinta al suo massimo limite quando si può impiantare la linea su una strada carrettiera, sia occupandone un margine, sia allargando opportunamente la sezione della strada, e utilizzare, con passaggio promiscuo, i medesimi manufatti; ma questa condizione di cose, che sarebbe veramente il *desideratum*, la condizione definitiva per l'avvenire delle comunicazioni ferroviarie a buon mercato, non è possibile che in casi assai rari, a meno di non modificare, ancora più profondamente che non s'è fatto finora, le idee comunemente accettate sull'impianto e l'esercizio di una ferrovia. Sono idee da cui è difficile divezzarsi: tuttavia vi sono già dei sintomi, come si vedrà più avanti, non solo all'estero, ma anche in Italia, che dinotano un vicino mutamento di opinioni a questo proposito.

L'economia nell'esercizio delle linee secondarie si ottiene pure in molti modi, che si riassumono tutti nel seguente principio: rinunciare all'esattezza inappuntabile, al lusso e alla comodità dell'esercizio normale delle grandi linee; per avvicinarsi, diremmo, piuttosto al genere di servizio che fanno le messaggerie e le diligenze. Bisogna quindi rinunciare alle grandi velocità, ai convogli celeri, alle partenze frequenti e a minuto

determinato, al servizio notturno, alla molteplicità del personale; e ammettere invece delle velocità non mai superiori a 26 chilometri all'ora, fare il servizio con convogli misti e con pochi convogli al giorno, far attendere i viaggiatori se non son pronti per l'ora della partenza il convoglio o la macchina, abolire il servizio di notte, utilizzare più che è possibile il personale, applicando all'occorrenza lo stesso capo-stazione al telegrafo, alla consegna dei biglietti e delle merci, al servizio degli scambi.

Seguendo queste norme, una linea secondaria non solo può impiantarsi e offrire al commercio e alla facilità delle comunicazioni tutti quei vantaggi e quelle opportunità che può presentare una ferrovia, là dove una ferrovia costruita e servita nel modo ordinario non si potrebbe assolutamente fare per la piccolezza degli introiti in confronto alle spese di costruzione e d'esercizio; ma quando si sappia ben proporzionarla all'importanza del transito, può dare un discreto interesse del capitale impiegato, e far senza di quelle garanzie che diventano così spesso indispensabili col sistema ordinario. Le ferrovie economiche fino ad ora costrutte in Europa non furono sempre tali da riunire tutte queste condizioni; ma ve ne sono che le riuniscono; anzi le ferrovie d'impianto più recente vi soddisfanno tanto più facilmente in quanto che si trasse profitto dall'esperienza fatta sulle linee più antiche¹⁾.

.

¹⁾ Questo Allegato, come ancora gli Allegati seguenti, ricavati dal pregevolissimo *Annuario Scientifico ed Industriale* che pubblicasi annualmente in Milano dal solerte editore E. Trèves, e per cura degli egregi signori Trevellini e Crispigni, si debbono alla dotta penna ed alla cortesia dell'Ill.^o Ing. G. Colombo, Professore di Meccanica nella Regia Scuola per gl'Ingegneri in Milano.

ALLEGATO VI.

(*Idem*, pag. 586)

Fino al presente non si è mai pensato che una ferrovia, qualunque essa fosse, potesse impiantarsi ed esercitarsi diversamente dalle ferrovie ordinarie: ma ora si cominciò a comprendere che non si potrà giunger davvero ad estendere alle comunicazioni vicinali il beneficio delle ferrovie, se non si modificano profondamente le idee generalmente ammesse a questo proposito. Tutte le ferrovie economiche d'Europa, con ben poche eccezioni, non danno ancora il tipo di ciò che devono essere, di ciò che saranno le future ferrovie vicinali: esse non sono altro che le grandi ferrovie in miniatura, in una scala più o meno ridotta; tutto è copiato da esse, il sistema di tracciamento e di costruzione, il materiale, l'organismo dell'esercizio. Fino a che il transito è superiore a un certo limite, questo sistema può essere conveniente; ma al disotto di esso, e questo è appunto il caso generale nelle comunicazioni vicinali, bisogna rinunciarvi; la ferrovia deve discendere quasi al livello della strada carrettiera; la locomotiva deve surrogare la trazione a cavalli senza che il cambiamento modifichi profondamente le condizioni già esistenti; in una parola la locomozione a vapore, cessando di essere un sistema privilegiato di trazione, deve, colle ferrovie vicinali, mettersi alla portata di quelle stesse risorse a cui si devono le strade comunali e provinciali, ed entrare nelle abitudini al pari di queste. Tutto ciò non è possibile, senza rinunciare ai principi ammessi per il tracciamento e la costruzione delle grandi linee e specialmente a quelli che riguardano le pendenze e le curve; e senza rinunciare eziandio al loro sistema d'esercizio molto più radicalmente che non sia fatto anche sulle linee svedesi e scozzesi. Una modificazione nel sistema di trazione potrebbe forse in tal caso diventar necessaria o conveniente; ed è appunto a questo che mirano il sistema Cottrau in Italia e il sistema Larmanjat in Francia, dei quali si terrà parola in uno speciale articolo.

ALLEGATO VII.

(*Idem*, pag. 502)

Un sistema descritto recentemente nei giornali inglesi sembra toglier di mezzo un altro difetto rimproverato alle locomotive stradali, la facilità che hanno le ruote di scivolare se la strada è umida o fangosa. Questo difetto s'è riscontrato in tutti i casi, e quindi i costruttori inglesi muniscono sempre le ruote delle loro macchine di denti, di canali o di liste sporgenti dal cerchione perchè possano mordere sul terreno, in qualunque stato esso si trovi. Ma questo ripiego guasta la strada, o almeno si teme che lo possa fare, perchè non è ben certo che questo effetto si verifichi sempre: e per questa ragione in Francia son prescritte le ruote lisce. Il signor Thompson di Leith ha immaginato invece di avvolgere sui cerchioni delle ruote motrici una fascia di caoutchouc di 125 millimetri di spessore su una larghezza di 300 millimetri; la quale, adattandosi alla superficie stradale, fa sempre presa con essa e impedisce che la ruota scivoli. Le esperienze fatte a Edimburgo colle macchine Thompson diedero eccellenti risultati: le ruote non scivolarono in nessun caso, nè sulla terra soffice appena dopo l'aratura, nè su una strada lastricata all'8 % di pendenza, nè su una strada coperta da un velo di ghiaccio. Una di queste macchine, fabbricata per l'isola di Ceylan, pesante 8 $\frac{1}{2}$ tonnellate e destinata a rimorchiare convogli di 16 tonnellate su pendenze inferiori al 6 %, percorse agevolmente, a Edimburgo, la Cockburn-street inclinata del 12 %, e condusse dalla miniera di New-Battle a Leith, per un percorso di 18 chilo-

metri, con pendenze fino al 6 %, un convoglio di quattro carri di carbon fossile, pesante 32 tonnellate, manovrando agevolmente, benchè il convoglio fosse lungo 27 metri, nelle vie di Edimburgo e di Leith ¹⁾).

.

¹⁾ L'idea di avvolgere una fascia di caoutchouc sui cerchioni delle ruote motrici era sorta nella mente dell'Ingegnere Cottrau fin dal 1866, come rilevasi da una lettera diretta da questi all'Ill.mo Commendatore Bona, Direttore della Società per le Ferrovie Meridionali. Se non che il Sig. Cottrau domandava a quell'epoca un esperimento pratico, dal quale si potesse rilevare l'importanza della modificazione che egli proponeva per le locomotive stradali applicabili al suo sistema di locomozione mista. I brillanti risultati delle esperienze fatte ad Edimburgo con le macchine Thompson, non sono quindi se non che la conferma di quanto erasi concepito precedentemente dal Sig. Cottrau.

ALLEGATO VIII.

(*Idem*, pag. 594)

I nuovi sistemi di locomozione mista sulle strade ordinarie: sistemi Larmanjat e Cottrau.

Con lo sviluppo sempre crescente che vanno assumendo le grandi arterie ferroviarie, cresce di pari passo il bisogno e l'importanza delle ferrovie secondarie, delle così dette linee di diramazione. Sono le linee destinate a congiungere i piccoli centri colle linee principali e fra di loro; e quindi, dovendo servire a un traffico limitato, non possono costruirsi sulle stesse basi delle reti principali. Le locomotive stradali, di cui si è parlato nell'articolo precedente, parvero dapprima, e paiono ancora ad alcuni, la miglior soluzione per l'esercizio delle linee di diramazione; ma la locomotiva stradale, utilissima, come si vide, per il trasporto dei grossi carichi a piccolissima velocità e a piccole distanze, sarebbe tutt'affatto insufficiente anche per una linea di diramazione di traffico debolissimo; e d'altra parte la resistenza delle strade carrettiere condurrebbe ad esagerare le spese di trazione e a scemare in conseguenza l'utilità della locomozione a vapore. Bisogna dunque adottar le ruotaie; ma, adottandole, è necessario di ridurre al minimo possibile le spese di costruzione e d'esercizio, in modo che l'introito netto della linea dia un sufficiente compenso al capitale impiegato, ad onta della poca importanza del traffico.

L'economia nella costruzione e nell'esercizio di una ferrovia si può raggiungere, come si vide in un articolo precedente, in molti modi: tuttavia la condizione più importante per raggiungere la massima economia ottenibile nella costruzione, è la possibilità di valersi delle strade carrettiere; sia accettando su tutto il percorso della linea le curve e le pendenze di queste; sia seguendole fin che non v'ha ostacolo a farlo, ma ammettendo per tutto il tracciamento delle curve e delle pendenze tali che permettano di scostarsene il meno possibile; di valersi, ove si può, degli stessi manufatti, o di ridurre i manufatti delle linee, in caso contrario, alle minime proporzioni consen-

tite da una ferrovia. Queste condizioni imposte al tracciamento conducono necessariamente all'adozione di pendenze più forti e di curve di raggio minore che non sien quelle ammesse per le ferrovie ordinarie, e richiedono per conseguenza lo studio dei mezzi per superare gli ostacoli che ne derivano all'esercizio. Gli ostacoli maggiori sono creati dalla pendenza: quella stessa diminuzione di resistenza, che è il vantaggio caratteristico della locomozione sulle ruotaie, rende difficile la trazione sulle vie fortemente inclinate: in questo caso la presa, l'aderenza fra le ruotaie e le ruote motrici della locomotiva, e che è prodotta da ciò che si chiama il *peso aderente*, dal peso cioè che gravita sulle ruote stesse, può diventare insufficiente di fronte alla resistenza del convoglio; e allora le ruote della locomotiva scivolano sul binario in luogo di progredire. Questa tendenza si combatte accoppiando tutte le ruote della macchina e facendo concorrere, come peso aderente, il peso degli approvvigionamenti d'acqua e di carbone; *giammai* esagerando a bella posta il *peso specifico*, il peso corrispondente all'unità di forza della macchina stessa: quando si teme che l'aderenza possa mancare, anche usando di questi mezzi, si ricorre, come si è fatto per le macchine Fell, a degli organi speciali d'aderenza; ma la necessità di essi non è ancora perfettamente dimostrata. La soluzione di questo problema, da cui dipende tutto l'avvenire della locomotiva sulle linee di montagna, è dunque di somma importanza anche per l'esercizio delle linee di diramazione.

Il problema è entrato da un anno in una nuova fase. Il Signor Larmanjat, costruttore di una piccola locomotiva stradale a tre ruote che piacque moltissimo all'Esposizione di Parigi e che vi meritò una distinzione speciale¹⁾, riflettendo che l'aderenza è assai maggiore sull'inghiaiato di una strada carrettiera che non sulla superficie liscia di un binario, ha immaginato di usufruire pel convoglio una parte del vantaggio presentato dalle ruotaie, valendosi nel medesimo tempo, per la macchina, della grande aderenza offerta dall'inghiaiato. Ecco in qual modo egli ha pensato di realizzare il suo concetto. Ammesso che la linea debba seguire il percorso di una strada carrettiera, il sig. Larmanjat colloca sulla strada una sola ruotaia: tutti i veicoli hanno quattro ruote, di cui due laterali e posanti sulla strada,

¹⁾ Vedi ANNUARIO del 1867, pag. 540.

le altre due invece, col cerchione a gola, disposte sull'asse longitudinale dell'intelaiatura e posanti sulla ruotaia. La tensione delle molle di sospensione del carro si regola in modo che la massima parte del suo peso graviti sulle ruote a gola, quindi sulla ruotaia; mentre il restante peso carica le ruote laterali e per conseguenza la strada. Ammessa la possibilità di ottenere un simile riparto del peso, ne viene che la resistenza alla trazione del carro risulta assai minore di quella che presenterebbe il carro se tutte le sue ruote posassero sull'inghiaiato, e precisamente ne è minore nel rapporto fra la parte di peso caricata sulla ruotaia e quella che gravita sulla strada. La macchina è la stessa locomotiva stradale esposta nel 1867: è una macchina, come si disse, a tre ruote: due di esse son le ruote motrici; ricevono il movimento da una coppia di cilindri disposti sotto la caldaia, per mezzo di un ingranaggio, e son provviste di un ingegnoso sistema automatico per scalettarle nel passaggio delle curve di piccolo raggio: la terza ruota è davanti, e serve a dirigger la macchina. Ora di queste tre ruote, quella ch'è davanti riposa sulla ruotaia mediante un cerchione a gola, e le altre due scorrono invece sull'inghiaiato; e siccome queste ultime sono appunto le ruote motrici, così l'aderenza fra esse e la strada essendo grandissima, molto più grande che non sia per le ruote delle locomotive scorrenti sulle ruotaie, la macchina è dotata di un grande potere aderente, mentre la resistenza del convoglio è di poco più grande di quella presentata da una ferrovia ordinaria.

Il progetto del Sig. Larmanjat ebbe, al principio del 1868, la fortuna di un'esperienza. Il *Moniteur* del Gennaio annunciò che il sistema s'andava ad applicare sul tronco di strada carrrettiera, lungo 5 chilometri, che riunisce Montfermeil alla stazione di Le Raincy situata sulla linea di Strasburgo a pochi chilometri di distanza da Parigi, aggiungendo che « questo sistema permetterà di congiungere alla grande rete ferroviaria certi comuni che fin oggi potevano meno contarci. » Da quell'epoca il sig. Larmanjat ha incominciato un servizio regolare d'esperienza, trasportando merci e viaggiatori, con una velocità che è di 15 chilometri all'ora in media, ma che discende a 7 od 8 chilometri su un tratto di circa un chilometro, sul quale la strada presenta la pendenza massima del 7 %.

Ad onta della fiducia mostrata dal *Moniteur*, circa all'im-

portanza che il sistema Larmanjat potrà avere come mezzo di collegare i piccoli centri colle grandi arterie ferroviarie, non ci pare che il sistema stesso sia tale da giustificarla. Non sappiamo nulla di preciso sui risultati dell'esercizio sul tronco Le Raincy-Monfermeil, ma dal silenzio stesso di tutti i giornali non ci sembra che si possa arguirne bene. Lasciamo da parte per ora la questione generale, se cioè il sistema del sig. Larmanjat abbia, come concetto, una probabilità di successo: come applicazione, è certo che non convince punto, e che fa nascere all'opposto molti dubbi sulla possibilità di soddisfare alle condizioni che l'inventore si è posto a base del suo sistema. È egli possibile di ripartire costantemente il peso dei veicoli sulle quattro ruote, in modo che soltanto una piccolissima frazione di questo peso graviti sulla strada, e la massima parte di esso sulle ruotaie? Che si possa, fino a un certo punto, regolando la tensione delle molle di sospensione, caricare più o meno una coppia di ruote, è un fatto che si verifica sempre nelle locomotive; ma spinger la cosa al punto che $\frac{1}{4}$ solo del peso del carro graviti sulle due ruote laterali, ci sembra assai difficile: in tutti i modi, ove anche una tal ripartizione si potesse raggiungere, è certo che, le due ruote laterali riposando sulla superficie ineguale dell'inghiaiato, questa ripartizione non avrà mai effetto, in realtà, che per rari istanti; e che, mentre in alcuni punti della strada le ruote laterali o per meglio dire una sola di esse sarà momentaneamente sollevata dal carico, in altri punti, e più frequentemente, saranno le ruote a gola che si troveranno sollevate; inquantochè il carro deve sempre avere una tendenza ad oscillare, a seconda delle ineguaglianze dell'inghiaiato, intorno a una retta passante pei due punti di contatto delle ruote a gola colla ruotaia. Ne consegue che la diminuzione di resistenza della trazione, che il sig. Larmanjat si lusinga di ottenere, deve essere piuttosto illusoria; e che la resistenza stessa oscillando fra limiti molto larghi, questa circostanza sarà ben lontana dal favorire la forza di trazione.

Ma questa idea stessa del sig. Larmanjat non è nuova; o per dir meglio vi fu chi l'ebbe prima di lui. Già da tre anni il sig. ing. A. Cottrau, in un interessantissimo lavoro, del quale questo Annuario s'ebbe già ad occupare ¹⁾, ha immaginato e

¹⁾ ANNUARIO del 1866, pag. 556.

proposto un sistema consimile, benchè assai più razionale ed esente dall'inconveniente che ci parve di rimarcare nel sistema Larmanjat.

Il sig. Cottrau, a cui si devono le belle costruzioni metalliche delle ferrovie meridionali e il ponte di Mezzana-Corti, e che si è occupato moltissimo delle ferrovie economiche e dell'importanza che potrebbero assumere in Italia, ha fatto lo stesso ragionamento del sig. Larmanjat. Poichè l'attrito del ferro sull'inghiaiato d'una strada è maggiore dell'attrito fra ferro e ferro, da quattro a cinque volte maggiore secondo egli crede, egli ha pur pensato di valersi delle ruotaie per diminuire la resistenza del convoglio alla trazione, e del piano stradale per ottenere, colla locomotiva, l'aderenza sufficiente sulle forti pendenze. Nella sua opinione, sulle pendenze superiori al 10 o al 15 per 1000 l'aderenza delle locomotive sulle ruotaie cessa di esser sufficiente nelle condizioni e alle velocità richieste dall'esercizio di una ferrovia economica a traffico limitato. Partendo da questo principio egli propone per le linee di diramazione il seguente sistema. Supposto o no che la linea s'abbia a stabilire su una strada carrettiera, i veicoli del convoglio correvrebbero come d'ordinario su un binario avente la larghezza normale di 1^m, 50, onde evitare i trasbordi, il che è assai importante. La macchina sarebbe del genere e delle proporzioni di una locomotiva stradale: ma mentre le ruote portanti di questa poserebbero sul binario, le due ruote motrici correrebbero sulla superficie del suolo fra le due ruotaie: sarebbero le sole ruote di tutto il convoglio che non portino sul binario, e l'aderenza ne verrebbe conseguentemente aumentata d'assai, la resistenza del convoglio rimanendo pari a quella che si verifica sulle ferrovie ordinarie. Il sig. Cottrau ha proposto fin da tre anni fa alla Società delle ferrovie meridionali di applicare questo sistema per la linea di Campobasso; ed è ora in trattative con essa per applicarlo sul tratto di strada carrozzabile Ariano-S. Spirito che deve congiungere i due tronchi di ferrovia, già in esercizio, Foggia-Ariano e S. Spirito-Napoli, sulla linea Foggia-Napoli. Egli calcola che le linee di diramazione costrutte con questo sistema non abbiano a costare più di 20, o 30 mila lire al chilometro; ed ammettendo che la superiorità del suo sistema sul sistema in uso per le ferrovie ordinarie sia insensibile per le pendenze limitate e le grandi ve-

locità, trova che essa deve crescere, col crescere della pendenza e col diminuire la velocità; circostanze che appunto si verificano sulle piccole linee di diramazione, sulle quali le pendenze devono crescere in ragione dell'economia delle spese di costruzione e d'altra parte non s'ha più bisogno delle grandi velocità che l'importanza del traffico rende invece indispensabili sulle grandi linee.

Ammesso il principio che ha ispirato i sistemi Cottrau e Larmanjat, l'ultimo non può più in alcun modo sostenere il confronto col primo. Il principio che il sig. Larmanjat applica a mezzo, il sig. Cottrau lo conduce fino alle sue ultime conseguenze: il sistema Cottrau è, nel suo genere, perfetto; e il dippiù di spesa a cui la doppia ruotaia darebbe luogo rispetto alla ruotaia unica della linea Le Raincy-Montfermeil, è largamente compensato dalla diminuzione della resistenza alla trazione, che questa volta è reale, dall'uniformità del materiale mobile per le linee principali e le diramazioni e dall'abolizione dei trasbordi. V'ha di più: il principio stesso su cui si basa il sistema Cottrau è seducente, e fa correre subito lo spirito al partito che se ne potrebbe trarre per le ferrovie di montagna, ove si cerca con tutti i mezzi di aumentar l'aderenza, modificando il meno che è possibile il sistema di armamento e le condizioni della locomotiva. Ma, avendo sempre sostenuto l'attitudine della locomotiva senza organi speciali di aderenza anche sulle forti pendenze, non ci sembrerebbe del tutto giustificata la necessità di cercar l'aderenza sul terreno battuto per le inclinazioni richieste dalle linee di diramazione, quando si tratti, come è generalmente il caso sulle linee di questo genere finora costrutte, di un esercizio fatto con convogli misti o merci a una velocità non inferiore a 15 o 20 chilometri all'ora (fermate comprese): mentre troviamo incontestabile il vantaggio e la novità del sistema in tutti quei casi in cui, per la pochissima importanza del transito, si possono e si devono adottare velocità molto minori.

Quando la velocità dei convogli non si voglia ridurre al di sotto di 15 o 20 chilometri, le locomotive-tender ordinarie con tutte le ruote accoppiate trovano sempre, col loro proprio peso e senza bisogno di sistemi speciali, l'aderenza necessaria sulle ruotaie anche sulle più forti pendenze osate finora. Se si prendono a considerare le ferrovie economiche costrutte da pochi

anni in Europa, sulle quali appunto la velocità non è d'ordinario inferiore a 20 chilometri, meno qualche caso in cui, come sulla linea di Festiniog, la velocità discende ancora al disotto, si trova che l'esercizio si fa dappertutto con macchine usuali o con macchine-tender a quattro ruote accoppiate, senza che si verifichi mai un difetto d'aderenza, anche sulle pendenze del 16,6 per 1000 delle linee Uddewalla-Wenersburg e Soderham-Berwick in Svezia e della linea di Dramman in Norvegia; e sulla pendenza del 18 per 1000 continuata su 8 chilometri e del 23 estesa su 4 chilometri della linea Trondjem-Stören in Norvegia; e finalmente sulla pendenza del 27 per 1000 della linea Flénu nel Belgio. Ma passando dalle ferrovie economiche alle ordinarie, gli esempi abbondano per dimostrare che l'aderenza non manca mai, alle velocità più ridotte dei convogli-merci, anche sui tronchi a pendenze straordinarie, accoppiando tutte le ruote della locomotiva e sovrapponendovi gli approvvigionamenti, limitandosi a combattere la tendenza a scivolare, in caso di ruotaie umide, coll'uso della sabbia. Senza tornar a citare, ciò che si fa spesso, le ferrovie degli Stati-Uniti, non le ferrovie provvisorie esercitate durante la costruzione delle gallerie e che ebbero fino al 10 % di pendenza, ma quelle che sono ora in esercizio normale, la linea Vicksburg-Jackson con una pendenza massima del 48 per 1000, la linea Richmond-Ohio col 56, la linea Filadelfia-Colombia col 67; senza citare la ferrovia provvisoria costrutta nel Brasile, fra Rio-Janerio e Parahyba, sulla quale s'ammise un'inclinazione massima di 56 millimetri, non abbiamo in Europa, oltre il Sömmering e i Giovi e tutti gli altri passaggi conosciuti, un tronco di ferrovia al 45 per 1000, la linea Enghien-Montmorency? Su tutte queste ferrovie, e su moltissime altre di pendenze assai forti, benchè minori delle precedenti, la trazione si fa senza difficoltà alcuna con locomotive-tender aventi tutte le ruote accoppiate, *ma senza un sistema speciale d'aderenza*, qualunque esso sia: l'aderenza naturale ottenuta col peso proprio della macchina è sufficiente, fuorchè in quei casi eccezionali in cui il coefficiente d'aderenza discendendo al di sotto di $\frac{1}{2}$, o $\frac{1}{3}$, bisogna ricorrere alla sabbia. Non ha che l'aderenza naturale prodotta dal suo peso la macchina-tender a dieci ruote accoppiate, disegnata da Fourquenot ed esposta nel 1867 a Parigi, che rimorchia convogli di 150 tonnellate colla velocità di 15 a 25

chilometri l'ora sulla linea Aurillac-Murat, la quale presenta sopra 18 chilometri di percorso una pendenza *continua* di 30 millimetri con numerose curve di 300^m di raggio: non ha che l'aderenza dovuta al suo peso la locomotiva *fortes-rampes* disegnata da Petiet che fa il servizio sulla linea Enghien-Montmorency. L'esercizio di simili tronchi a fortissime pendenze può essere assai costoso per la grande sproporzione fra il peso morto e il carico utile; ma non v'è caso in cui si verifichi un difetto d'aderenza. L'aderenza prodotta dal solo peso della macchina non dovrebbe anzi mancare neppure su pendenze superiori a quelle della ferrovia Fell del Moncenisio, se si deve credere alle esperienze eseguite non ha guari a Whitehaven, nelle quali, anche colle rotaie umide, una macchina-tender a quattro ruote accoppiate e pesante 20 tonnellate ha superato, col suo convoglio di 22 tonnellate, una pendenza del 90 per 1000.

Si vorrà obbiettare che non è permesso di confrontare i risultati ottenuti sulle linee ordinarie colle condizioni di una ferrovia economica; la quale cesserebbe di esser tale se si dovessero ammettere le enormi locomotive, e quindi il pesante armamento delle ferrovie a forti pendenze. Ma è facilissimo vedere che appunto per ciò le piccole linee, costrutte con un armamento leggero e percorse da piccoli convogli si trovano, quanto ad aderenza, in condizioni di gran lunga più favorevoli delle grandi. In una locomotiva sono due gli elementi da considerare: la forza di trazione, la quale dipende unicamente dal potere vaporizzante della macchina, e l'aderenza che dipende dal peso di essa e de' suoi approvvigionamenti. Da ambedue, e non da un solo di essi, dipende il carico che la locomotiva può trarre su una data pendenza e con una data velocità; non si può aumentare la forza di trazione senza aumentare il peso della macchina, quindi la sua aderenza. Ora è noto che quanto più una macchina è piccola, tanto più grande è il suo peso in confronto alla forza; la forza decresce cioè più rapidamente del peso. Confrontiamo, per esempio, le due macchine-tender con tutte le ruote accoppiate, costrutte sull'identico modello al Creusot ed esposte nel 1867 a Parigi: l'una destinata al servizio-merci sulle linee ordinarie, l'altra invece costrutta per la ferrovia privata delle miniere di Blanzy, che ha un binario di 0,^m80 di larghezza. Quest'ultima non era che la riduzione

in scala minore della prima. La locomotiva grande, con una superficie di riscaldamento di 119 metri quadrati, aveva un peso, in marcia, di 38 tonnellate, quindi di 320 chilogrammi per metro quadrato di superficie di riscaldamento; la piccola, con una superficie di riscaldamento di 16,5 metri quadrati, pesava 6,6 tonnellate, quindi 400 chilogrammi per metro quadrato. Poichè tutto il peso di queste locomotive è utilizzato per l'aderenza, avendo esse tutte le ruote accoppiate, ne consegue che, in confronto colla forza di trazione, la piccola locomotiva deve avere assai più aderenza che non la grande. Questo risultato non è casuale; è invece la conseguenza di una legge evidente. Così la macchina Fourquenot che citammo, avendo una superficie di riscaldamento di 210 metri quadrati, pesa soltanto, approvvigionamenti compresi, 271 chilogrammi per metro quadrato; e le enormi locomotive a dodici ruote accoppiate della linea del Nord, disegnate da Petiet e costrutte da Gouin, che hanno una superficie di riscaldamento di 222 metri quadrati, pesano, cogli approvvigionamenti completi, 270 chilogrammi per metro quadrato; per cui queste due macchine, che sono le più pesanti che si conoscano, sono anche le locomotive più leggere che finora si sien costrutte in relazione alla loro forza. L'esempio delle grandi linee adunque, sulle quali l'aderenza non manca mai alla locomotiva-tender con tutte le ruote accoppiate, anche marciando a piccola velocità sulle pendenze straordinarie citate più in alto, non solo è applicabile perfettamente alle piccole linee a traffico limitato; ma su queste linee, percorse da locomotive leggere, v'è molto più certezza di aver sempre l'aderenza necessaria che non si abbia colle grosse locomotive delle grandi. Per assicurarla del tutto quest'aderenza anche in caso di pendenze veramente eccezionali, non si avrebbe alla peggio, che ammettere per queste linee secondarie delle velocità non troppo grandi; il che non sarà mai, certo, un inconveniente quando si tratti di convogli misti nei quali specialmente risiede, per una piccola linea, l'economia dell'esercizio ¹⁾).

¹⁾ Tutte le considerazioni precedenti, così dottamente fatte dal distinto Ingegnere Colombo, sono al certo una convincente dimostrazione della gran potenza delle locomotive ordinarie; esse ci mostrano tecnicamente e praticamente la possibilità di adottare le dette locomotive

Gli esempi precedenti non hanno più alcun valore però nel caso che, per limitare al minimo le spese d'esercizio di una linea di diramazione, si intenda di ridurre la velocità al di sotto di 15 o 20 chilometri l'ora, di ridurla cioè press'a poco entro quei limiti che s'ammettono per il servizio delle locomotive stradali. In quest'ipotesi non è più questione di convogli-viaggiatori o di convogli misti, ma soltanto del servizio-merci, non parendoci che pel servizio dei passeggeri possano convenire velocità così ridotte¹⁾. In tal caso la forza di trazione della macchina aumentando in proporzione della diminuzione di velocità, l'aderenza naturale prodotta del suo peso verrà a mancare; e allora il sistema Cottrau si presenta come il più semplice e il più ingegnoso fra tutti i sistemi finora proposti per ottenere un'aderenza corrispondente alla forza di trazione. Il sig. Cottrau si priva, è vero, col suo sistema, della possibilità di accoppiare due o tre sale della macchina, e quindi rinuncia

usuali anche sulle ferrovie di montagna, cioè sulle linee a pendenze molto risentite; ma a noi sembra importante l'osservare che in fatto di ferrovie economiche, anzi di ferrovie *veramente* economiche, non trattasi punto di appalesare la possibilità di adottare un motore a preferenza di un altro, bensì è solamente importante far conoscere se il motore proposto sia tale da rendere minime le spese di costruzione della linea, e soprattutto se le spese di trazione e quelle di esercizio riusciranno molto più economiche di quel che sarebbero laddove s'impiegasse un altro motore. Epperò facciamo notare che *tutte* le ferrovie d'interesse locale, già in esercizio all'estero, che sono servite da locomotive ordinarie, sono *passive*; in altri termini, che il loro prodotto non è capace di sopperire alle spese di trazione e di esercizio, anche quando il prodotto chilometrico (come nelle ferrovie dell'Alsazia) si eleva a L. 15,000 e talvolta a L. 18,000, come rilevasi dal Rapporto presentato al Ministero dei Lavori Pubblici del Regno d'Italia, nel 1867, dall'Ill.mo Ingegnere Commendatore F. Biglia.

¹⁾ Le diligenze postali percorrono in pianura 8 chilometri all'ora, ed in paesi di montagna solo 4 chilometri all'ora. — D'altra parte le ferrovie ordinarie a forti pendenze, presentano sempre velocità inferiori a 20 chilometri all'ora, anche coi convogli diretti (Linea Bologna-Pistoia, Linee del Sommering e del Brenner, Linea Enghien-Montmorency, Linea provvisoria S. Spirito-Starza); e di vero la velocità su tali linee è compresa fra 10 e 16 chilometri all'ora. — Laonde col sistema Cottrau, pel quale la velocità è compresa fra 8 e 18 chilometri all'ora, i viaggiatori godranno sempre di una velocità al minimo doppia di quella delle diligenze postali, e per lo meno eguale a quella delle ferrovie ordinarie su forti pendenze.

al vantaggio di valersi, come peso aderente, di tutto il peso della macchina stessa e dei suoi approvvigionamenti; ma se son veri i dati da lui ammessi, che cioè l'aderenza delle ruote sul terreno battuto è da 4 a 5 volte quella sulle ruotaie, l'accoppiamento di due od anche di tre sale non arriverebbe a produr l'effetto raggiunto col suo sistema. Una simile questione è assai importante; e quindi sarebbe utile che si facesse l'esperienza del sistema del sig. Cottrau su una delle linee su cui egli propose di provarlo, onde constatare il fatto e dedurne tutte le conseguenze di cui è suscettibile. I risultati ottenuti colle locomotive stradali fanno del resto prevedere, senza quasi poterne dubitare, che l'esperienza riuscirà favorevole al sistema, quando sia applicato nelle stesse condizioni; vale a dire riducendo la velocità al di sotto di 15 ed anche di 10 chilometri all'ora. Queste condizioni non si potrebbero ammettere per un traffico molto attivo e una grande frequenza di passeggeri, come si dovrebbero verificare sui passaggi alpini: ma per una linea secondaria possono diventar indispensabili, se si vuole che gli introiti dell'esercizio non solo ne copran le spese, ma diano anche un ragionevole interesse del capitale impiegato.

Lo studio del cav. Biglia sulle ferrovie economiche d'Europa, di cui s'è parlato in un articolo precedente, dimostra che ben poche son quelle che diano un utile agli azionisti¹⁾; e che in Italia simili ferrovie, ammesso che l'esercizio si faccia come sulle linee economiche dell'estero, non hanno probabilità di successo a meno che non sien capaci di dare un introito lordo di 7 od 8 mila lire al chilometro. Ora questa condizione limita grandemente il numero dei casi in cui sia possibile di dotare il paese di questo beneficio delle ferrovie di diramazione, non essendo presumibile che essa si abbia a verificare spesso, quando si vedono i meschini introiti di alcune fra le nostre linee principali. Bisogna dunque non solo ridurre al minimo le spese di costruzione coll'adottare curve e pendenze eccezionali che permettano anche, per quanto è possibile, di seguir le strade carrettiere: ma è anche necessario di abbassare, diremmo l'esercizio al livello del traffico; e dove questo è assai piccolo, sacrificare la velocità all'economia dell'esercizio. Per-

¹⁾ Vedi la nota precedente p. 43.

ciò non basterà, nel più gran numero di casi, di fermarsi alle velocità, già molto piccole, delle ferrovie economiche conosciute; ma bisognerà ridurle a poco più di quelle che corrispondono alla trazione a cavalli, ossia a quelle all'incirca che si ammettono per la trazione colle locomotive stradali. In simili condizioni si può quasi asserire, che una ferrovia di questo genere sarà sempre possibile in tutti i casi in cui ci sia un transito appena appena rilevante. E quindi ci pare che il sistema del sig. Cottrau meriti la più seria attenzione da parte del Governo, delle provincie e dei municipi, appunto perchè apre un nuovo e larghissimo campo alla soluzione di questo problema delle ferrovie di diramazione; dalla quale dipende non solo la prosperità avvenire di tutti i piccoli centri industriali e commerciali, ma anche la prosperità e l'avvenire delle nostre principali arterie ferroviarie.

ALLEGATO IX.

(Estratto dalla *Année Scientifique et Industrielle* di L. Figuier, Paris, 1869 p. 63)

Le système de locomotion-mixte de M. Alfredo Cottrau.

Les grandes lignes des chemins de fer imitant les artères d'un vaste corps, alimentent un réseau secondaire de petites artères, par lesquelles les premières reçoivent en retour la vie et le mouvement. Mais, pour que ce corps puisse atteindre à toute la prospérité que les grandes voies de communication peuvent lui apporter, et pour que le grand équilibre du commerce, de l'industrie et du progrès, soit rendu possible et stable, il est encore nécessaire d'établir un troisième réseau de petites lignes, qui permettent à toute localité, éloignée des grandes artères, de participer à la circulation universelle, et d'y apporter aussi son petit contingent de vie et de mouvement. Ces lignes du troisième ordre alimenteront celles du deuxième, qui à leur tour donneront la vie aux artères du premier ordre.

Ces lignes du troisième réseau, dont le mouvement et le trafic peuvent présenter des périodes d'abaissement parfois considérables, nécessitent, pour cette cause, une installation toute particulière, surtout économique. Plusieurs systèmes ont été proposés par des ingénieurs distingués, en France, en Angleterre, en Belgique et en Suède, et depuis quelques années la plupart de ces systèmes ont reçu leur application; mais aucune de ces petites lignes en exploitation n'a présenté jusqu'à présent des résultats assez satisfaisants, pour que les chemins de fer économiques aient été adoptés avec le même empressement que les grandes lignes. En Italie et en Espagne, ces lignes de troisième ordre sont encore à l'état de mythes. Or, c'est en Italie, plus que partout ailleurs, que se fait sentir le besoin d'un grand réseau de petites lignes du troisième ordre.

Un savant ingénieur italien, M. Alfredo Cottrau, de Naples, a résolu le problème des *chemins de fer économiques*, pour le

réseau de troisième ordre, et c'est sa solution que nous allons exposer.

On ne doit pas prétendre, pour un tel réseau, au luxe que réclament les chemins de fer d'un ordre supérieur ; il faut viser seulement à établir ces petites lignes avec la moindre dépense possible dans l'exécution et la plus grande économie dans l'exploitation. De sorte que la question est réduite aux deux points suivants :

- 1° Le système à adopter et le tracé ne doivent avoir à vaincre que de faibles difficultés de terrain ;
- 2° Les frais de traction et d'exploitation doivent être inférieurs, ou sensiblement proportionnels à l'importance du trafic des localités desservies.

Pour résoudre la première partie de la question, celle qui est relative au tracé, il suffit d'éviter l'acquisition de terrains coûteux, de rester le plus possible à mi-côte des collines et des montagnes, d'éviter aussi les grands ouvrages d'art et les tunnels, de suivre les courbes naturelles ainsi que les rampes ou les pentes de la campagne, enfin de se subordonner à la plus grande partie des conditions locales. D'où résulte l'absolue nécessité d'admettre dans les petites lignes de fortes rampes et des courbes de petit rayon.

La partie relative aux frais de traction et d'exploitation repose entièrement sur la réduction au minimum du personnel de l'administration et du service, sur une manutention facile et non coûteuse de la voie et de ses accessoires, enfin sur la puissance et l'économie du moteur.

L'invention des locomotives routières avait fait espérer un moment la possibilité d'annuler les difficultés que présentaient les lignes économiques ; mais on a dû revenir bientôt de cette opinion. Il est maintenant prouvé que ce moyen de locomotion est tout à fait insuffisant pour des chemins de troisième ordre qui n'offrent qu'un médiocre trafic. Admissible en France, en Angleterre et en Belgique, ce système n'a aucune chance de succès en Italie, à cause du prix élevé du combustible. De plus, l'expérience a démontré, dans les cas les plus défavorables, la supériorité des lignes économiques armées de rails, sur les chemins ordinaires desservis par des locomotives routières.

Du principe que pour la bonne exécution d'une ligne de troi-

sième ordre il faut diminuer par les rails la résistance de la charge du train à la traction, découle la nécessité d'une locomotive spéciale qui, par l'adhérence de ses roues motrices sur la voie, puisse transformer en travail utile la plus grande partie de son pouvoir de traction, aussi bien dans les courbes de petit rayon que sur les pentes exceptionnelles auxquelles le tracé de ces lignes doit se soumettre.

Le système de M. Cottrau est la réalisation de ces conditions. Voici en quoi il consiste :

La ligne devra être établie, autant que possible, sur les routes déjà existantes ; l'armement des rails sera le même, mais beaucoup plus léger que celui des grandes lignes ; l'écartement d'axe des rails sera de 1^m,50. Le matériel roulant s'appuiera entièrement sur les rails, à l'exception des deux grandes roues motrices de la locomotive, qui s'appuieront sur le corps de la voie compris entre les rails.

Le point capital de la question consiste dans le mode de traction, car les plus grands obstacles à vaincre sur les lignes économiques dérivent des fortes rampes. La diminution de résistance qui est un avantage caractéristique de la locomotive sur les rails, devient un inconvénient pour la traction lorsque la voie est très-inclinée ; dans ce cas, la locomotive peut *patiner*, au lieu d'avancer.

Cette insuffisance d'adhérence du moteur que nous trouvons dans les locomotives ordinaires, est le défaut diamétralement opposé à celui des locomotives-routières. Dans ces dernières, en effet, il y a exubérance d'adhérence de la charge du train.

Le système de M. Cottrau pare à tous ces inconvénients : il fond, pour ainsi dire, les deux modes de locomotion en un seul, et par cette fusion il réunit les avantages de chacun des deux systèmes, pris séparément.

La vitesse sur les lignes de chemin de fer de troisième ordre est sans doute une question secondaire, mais on ne saurait admettre dans les localités d'un médiocre trafic les vitesses si minimales fournies par les locomotives routières (de 4 à 8 kilomètres à l'heure). La grande vitesse des lignes de premier ordre serait inutile, et d'ailleurs impossible à atteindre, vu les conditions de tracé des lignes économiques. Par le système Cottrau on a l'avantage d'une vitesse moyenne.

M. Cottrau croit pouvoir affirmer d'après les études qu'il a

faites, qu'on peut établir des lignes de troisième ordre selon ses plans, avec la dépense de 20,000 à 45,000 francs environ par kilomètre, y compris le matériel roulant.

Nous répétons que le tracé suit autant que possible les routes existantes. Avec une telle disposition, point d'acquisition de terrain, ou du moins fort peu; absence de tunnels, rareté d'ouvrages d'art importants, suppression d'un grand nombre de passages à niveau, exiguité du personnel de la manutention et de l'administration. D'autre part l'armement de la voie et le matériel roulant sont d'une grande légèreté.

Arrivons enfin à la locomotive-mixte de M. Cottrau.

Bien qu'imitée en grande partie des locomotives routières, et en particulier du système Feugère, la locomotive de M. Cottrau en diffère pourtant par plusieurs dispositions fort ingénieuses.

Cette machine réunit les avantages des locomotives ordinaires et des locomotives routières. Elle se compose de deux parties distinctes: l'avant-train, ou corps de la machine et l'arrière-train¹⁾.

L'arrière-train, mobile autour d'un axe vertical, afin de permettre à la locomotive de passer dans les courbes de petit rayon, se rattache au corps de la machine par un joint à *coquille*, et il s'appuie sur les rails par deux roues verticales.

L'avant-train, supportant la *presque totalité* du poids de la machine, s'appuie sur l'essieu des roues motrices, qui roulent, comme nous l'avons dit, sur le corps de la voie compris entre les rails. En avant et en arrière des roues motrices il y a un couple de *galets directeurs*, c'est-à-dire de deux petites roues qui rencontrent les rails sous un angle de 45°. L'office de ces galets est d'éviter les déraillements, en assurant la marche des roues motrices dans l'espace qui leur est destiné, et d'éviter encore (surtout dans les courbes) que les roues motrices ne s'appuient contre les rails, ce qui serait un très-grand inconvénient.

¹⁾ Dans ce système les roues motrices agissent en tirant et non pas en poussant, comme il arrive dans la plupart des locomotives routières; aussi a-t-on conservé le nom d'*avant-train* à cette partie du moteur qui est placée en réalité en tête du train. Le nom d'*arrière-train* n'a été donné qu'en opposition au premier nom admis.

Les châssis et les longerons auxquels se rattachent les différentes parties de la machine, sont en tôle.

La chaudière verticale, qui est du système Belleville, permet une vaporisation rapide. La pression dans ces chaudières peut atteindre sans danger 12 atmosphères.

L'alimentation de la chaudière se fait au moyen de deux injecteurs Giffard. L'eau d'alimentation est renfermée dans un espace annulaire cylindrique, concentrique au corps de la chaudière. La hauteur de cet anneau est la moitié de la distance comprise entre l'origine de la cheminée et la base de la chaudière; enfin la base de l'anneau est la même que celle de la chaudière.

Les cylindres à vapeur et leurs accessoires sont placés latéralement au châssis principal, et supérieurement à l'axe des roues motrices.

Les pistons, au lieu d'attaquer directement les roues motrices, font tourner un arbre portant deux pignons de diamètres différents¹⁾. Chacun de ces pignons engrène une roue calée sur l'essieu des roues motrices. Ces roues engrenées sont aussi de différents diamètres.

Tous ces diamètres sont calculés de manière à obtenir deux vitesses extrêmes: 8 kilomètres à l'heure avec le plus petit pignon, et 18 kilomètres à l'heure avec le plus grand. Enfin ces pignons sont rendus à volonté solidaires avec l'arbre de la machine, au moyen d'un manchon dont le levier est à portée du mécanicien.

La transmission par des engrenages a toujours été regardée comme inapplicable aux locomotives, soit à cause de la grande perte de travail du moteur, soit à cause du peu de régularité de mouvement qui s'ensuit, soit par d'autres inconvénients encore. Il est pourtant à remarquer que la *presque totalité* des locomotives routières en usage aujourd'hui sont pourvues d'engrenages. C'est qu'en effet on a reconnu qu'il était imprudent de faire agir les pistons directement sur l'arbre des roues motrices, lorsque ces roues doivent s'appuyer sur le terrain battu, et qu'il fallait, par conséquent, se servir d'une transmission intermédiaire. Mais quelle doit être cette transmission? C'est

¹⁾ Cette disposition est très-avantageuse pour éliminer le cas de rupture de l'essieu moteur; on sait que cette pièce est la plus exposée, dans une machine quelconque, aux efforts de la rupture.

ce que personne ne saurait indiquer avec certitude. L'expérience n'a pas encore consacré la préférence que l'on doit accorder à un système plutôt qu'à un autre. La chaîne de Galle, la chaîne à maillons (machine de M. Lotz), l'engrenage avec vis sans fin (système Larmanjat), ont certainement leurs avantages, mais ces dispositions ne sont pas exemptes d'inconvénients. Il est même prouvé que la perte de travail causée par les chaînes est supérieure à celle qu'on obtient par les engrenages; de sorte que le mode de transmission du système Cottrau ne peut être considéré comme le meilleur dans un sens absolu, mais bien comme celui qui relativement offre le plus de chances de succès.

Il faut d'ailleurs tenir compte des détails de construction que M. Cottrau donne à l'égard des roues d'engrenage de son moteur. Les pignons sont en fer forgé, et leurs dents sont taillées à la machine; ils portent sur leurs faces latérales intérieures des dents légèrement coniques, dont on verra bientôt l'emploi. Les roues calées sur l'essieu des roues motrices sont en fonte, et leurs dents sont renfermées entre deux joues. En outre ces roues sont en deux pièces, réunies par de forts boulons, afin de pouvoir les monter ou les démonter sur l'essieu avec la plus grande facilité. Le manchon d'embrayage est en fer forgé et trempé; les deux faces latérales extérieures sont armées de dents légèrement coniques, qui correspondent avec les dents semblables des deux pignons. Le manchon tourne avec l'arbre de la machine, mais il possède sur cet arbre le mouvement de translation qui lui est communiqué par un levier placé à portée du mécanicien.

Dans les pentes, le mécanicien place le manchon au milieu, de manière à arrêter complètement la transmission de la puissance aux roues motrices. On évite ainsi les frottements inutiles, l'usure des pistons et des garnitures.

La locomotive est munie d'un frein puissant, qui agit sur les roues motrices. Dans les cas pressants, la machine elle-même servira de frein, sans renversement de vapeur. L'introduction de la vapeur étant fermée, et le levier de changement de marche placé au milieu, l'air agit sur les pistons, pour les tenir en équilibre; ils opéreront alors d'autant plus énergiquement que l'action des roues d'engrenage se trouve totalement renversée.

Sur les lignes où les pentes seraient très-fortes, c'est-à-dire comprises entre 0^m, 04 et 0^m, 10 par mètre, M. Cottrau propose de recouvrir la jante des roues motrices d'une bande en caoutchouc, de 0^m, 10 d'épaisseur, ce qui assurera davantage l'adhérence quel que soit l'état de la voie, et préviendra toute possibilité de glissement. Ce moyen est le même que M. Thompson de Leith (Angleterre) a employé avec succès pour ses locomotives routières, destinées à surmonter des rampes qui s'élevaient jusqu'à 0^m, 12 par mètre.

M. Cottrau propose encore, mais à titre d'essai seulement, de recouvrir la voie comprise entre les rails avec de l'asphalte de Sardaigne. Cet asphalte, qui coûte très-peu, est moins sensible que les asphaltes ordinaires aux variations de la température, et on peut toujours le réduire au degré de dureté que l'on désire. La manutention de la voie serait, par ce moyen, beaucoup plus économique; on n'aurait plus à craindre la boue, et l'écoulement des eaux pluviales serait plus facile à obtenir.

D'après des calculs et des expériences, pour une vitesse de 18 kilomètres à l'heure et pour une rampe de 0^m, 015 par mètre, la machine Cottrau peut traîner 22 tonnes; avec la même vitesse, mais horizontalement, 92 tonnes. Pour une vitesse de 8 kilomètres à l'heure, et pour une rampe de 0^m, 015, la machine peut traîner une charge de 22 tonnes; elle pourrait encore, avec la même vitesse, traîner 12 tonnes sur une rampe de 0^m, 075.

On peut donc conclure que le système des chemins de fer économiques de M. Cottrau est jusqu'à présent le plus économique, et qu'il répond avec un véritable avantage à l'importante destination du réseau des chemins de fer de troisième ordre.

ALLEGATO X.

(Estratto dall'Annuario Scientifico di Milano, 1869, parte 2.^a pag. 520)

Ma per quanto la locomotiva abbia fatto progressi incredibili per ciò che riguarda la sua applicazione alle forti pendenze delle linee di montagna, per quanto essa abbia mantenuto, per usare della giustissima espressione dell'ingegnere Couche, più di quanto aveva promesso, più di quanto si poteva ragionevolmente aspettarsene, essa è sempre ancora un *pis-aller* sulle pendenze superiori al 20 o al 25 per 1000: nè si applica a simili pendenze, e perfino al 45 per 1000, come a Montmorcency, se non perchè non si conosce ancora un sistema che la equivalga per la sicurezza, per la rapidità, per la semplicità delle manovre e del servizio. L'aderenza limitata di cui la locomotiva ordinaria può disporre, anche avendo tutte le sue ruote accoppiate e portando con sè i propri approvvigionamenti, non le permette di sviluppare un grande sforzo di trazione: essa è quindi obbligata a tradurre in velocità l'eccesso della sua forza disponibile, quindi ad aggravare l'esercizio di un peso passivo che è tanto più grande quanto più piccoli sono i convogli che essa può rimorchiare. Di qui hanno origine tutti i sistemi così detti ad aderenza, nei quali si cerca un'altra causa d'aderenza che non sia il peso proprio della macchina, allo scopo di poter ridurre la velocità ed elevare in proporzione la forza di trazione.

ALLEGATO XI.

(Idem, pag. 525)

Il lavoro disponibile di una locomotiva, cioè il prodotto della forza di trazione per la velocità, essendo determinato e costante per una locomotiva di forma e proporzioni determinate, non si può determinare arbitrariamente uno dei suoi fattori; vale a dire la forza di trazione non può oltrepassare un certo limite, il quale dipende dall'aderenza delle ruote sulle rotaie. Così, una locomotiva con 20 tonnellate di peso aderente e una forza disponibile di 300 cavalli, ossia di 22500 chilogrammetri al secondo, non può, se il coefficiente d'aderenza è di 0,15, sviluppare una forza di trazione maggiore di $0,15 \times 20000 = 3000$ chilogrammi, che corrisponde a una velocità di 7^m,5 al secondo. Una resistenza di 5000 chilogrammi con una velocità di 4^m,5 non potrebbe esser superata dalla macchina, perchè oltrepasserebbe l'aderenza fra le ruote e le rotaie. In questa impossibilità di sviluppare una forza di trazione superiore all'aderenza risiede la difficoltà di applicare la locomotiva ordinaria alle forti pendenze.

Bisogna dunque sacrificare la forza di trazione alla velocità; nel qual caso il peso rimorchiabile dalla macchina diminuisce in confronto al peso di essa tanto più quanto più la pendenza è forte.

.

ALLEGATO XII.

(Idem, pagg. 532)

Sistema Cottrau per le ferrovie economiche.

Di questo sistema ci siamo già occupati nell'*Annuario* dell'anno scorso, terminando l'articolo che lo concerneva col voto che si potesse presto venire a un'esperienza, a un esercizio di prova, da cui risultasse la conferma delle premesse e delle conseguenze ammesse dal suo distinto inventore. Nulla invece si è fatto, come al solito; si è scritto assai, sui giornali e in pubblicazioni speciali, in favore di questo sistema; da diverse parti s'è pensato a farne l'applicazione per le comunicazioni secondarie in Sicilia, nel Napoletano e in Lombardia; ma non pare ancora che si sia concluso qualche cosa di concreto. E intanto in Francia il sistema Larmanjat, che venne due anni dopo il sistema Cottrau, che è fondato sullo stesso principio, ma che tuttavia gli è di gran lunga inferiore, come si notò nel precedente *Annuario*, non solo ha potuto fare una lunga e decisiva esperienza sulla linea Le Raincy-Montfermeil sotto il patrocinio dell'Imperatore, ma sta per essere applicato in altre località; come lo dimostra il rapporto del sig. Belgrand, ispettore generale di ponti e strade e ingegnere in capo del servizio idraulico della città di Parigi, al Consiglio generale dell'Yonne, a proposito d'una domanda per stabilire una linea col sistema Larmanjat nel dipartimento. Da questo rapporto, inserito nel *Journal Officiel de l'Empire français* del 5 ottobre 1869, risulta che la esperienza fatta sulla linea Le Raincy-Montfermeil ha avuto un esito soddisfacente e che si trovava conveniente in conseguenza di farne l'applicazione fra Joigny e Toucy, utilizzando la strada dipartimentale che li collega e tutti i manufatti della medesima.

È doloroso di dover sempre ripetere la stessa cosa; ma è un fatto che mentre negli altri paesi tutte le invenzioni che appena sembrano promettere qualche utile risultato sono tosto messe alla prova e quindi usufruttate, per iniziativa dell'am-

ministrazione centrale, delle provincie, dei comuni o dei privati, in Italia anche i trovati più meritevoli di attenzione non ne destano alcuna e finiscono per essere dimenticati, con doppio danno della prosperità e dell'onore nazionale. Non vorremmo che avvenisse lo stesso del sistema Cottrau; in tutti i casi sarà sempre il successo di un sistema ad esso inferiore che finirà per deciderne l'adozione.

S'è visto nel precedente *Annuario* che il principio dell'Ingegner Cottrau consiste nell'applicazione alle ferrovie economiche o di terz'ordine di un sistema di locomozione-mista, nel quale i carri componenti il convoglio percorrono un binario della larghezza ordinaria, mentre la locomotiva, presentante le disposizioni stesse di una macchina di trazione, s'appoggia colle sue ruote motrici sul terreno fra le due rotaie; ne deriva che la resistenza del convoglio è ridotta come sulle ferrovie ordinarie, mentre l'aderenza della macchina è notevolmente aumentata; per cui essa può sviluppare una forza di trazione maggiore e rimorchiare per conseguenza un carico utile maggiore a pari pendenza o uno stesso carico su pendenze più forti.

Nel sistema Larmanjat invece v'è una sola rotaia centrale; la maggior parte del peso dei carri del convoglio è riportata dalle molle di sospensione su questa rotaia; le ruote motrici della macchina invece s'appoggiano sul terreno. Noi manteniamo ancora, a proposito di questo sistema, i dubbii che abbiamo manifestato l'anno scorso, sulla difficoltà di regolare nel modo più conveniente la ripartizione del peso, e sull'influenza che possono esercitarvi gli accidenti del terreno. Il sistema Cottrau, al contrario, è perfetto nel suo genere e unisce a tutti gli altri vantaggi che mira ad ottenere, quello di evitare i trasbordi e di poter usare promiscuamente del medesimo materiale circolante colle ferrovie principali.

In un rimarchevole lavoro pubblicato verso la metà del 1869 dall'ing. P. Boubée ¹⁾ sul sistema Cottrau, sono discusse lungamente le sue condizioni tecniche ed economiche, appoggiandosi ai più importanti dati sperimentali che si posseggono sull'argomento, specialmente per quanto riguarda il motore. Il tipo di macchina adottato dal signor Cottrau è, come è noto,

¹⁾ Des chemins de fer économiques et du système de locomotion-mixte Alfredo Cottrau, par M. Paul Boubée, ingénieur civil, — Florence, 1869.

quello della macchina di trazione Feugère con caldaia Belleville, coll'avantreno motore e con una trasmissione ad ingranaggi che permette la doppia velocità. Con una macchina di questo genere, del peso di 3600 chilogrammi, si possono rimorchiare 22 tonnellate, sia sulla pendenza del 15 per 1000 colla velocità di 18 chilometri all'ora, sia sulla pendenza del 45 per 1000 colla velocità di 8 chilometri.

Tuttavia noi dubitiamo ancora che l'aderenza fra le ruote della macchina e il terreno possa mantenersi al valore ammesso dal signor Cottrau, secondo il quale essa dovrebbe essere da 4 a 5 volte almeno l'aderenza che si verifica fra le ruote della locomotiva e le rotaie sulle ferrovie ordinarie. Propendiamo piuttosto a ritenere che il coefficiente d'aderenza non possa superare 0,30 anche nelle migliori condizioni della strada e col tempo più favorevole; cifra resa assai probabile dalle esperienze (citate nell'*Annuario* del 1868) eseguite dal sig. Treasca sulla macchina Aveling e Porter e da altre esperienze ancor più recenti e assai interessanti su una macchina di trazione dei signori Tennant e C^o. In tal caso l'aderenza disponibile colla macchina di 3600 chilogrammi essendo di 1080 chilogrammi essa non potrebbe rimorchiare sulla pendenza del 45 per 1000 più di 16 tonnellate di carico utile; ciò che sarebbe tuttavia ancora un eccellente risultato, benchè rimanga dell'incertezza sul valore a cui può ridursi il coefficiente d'aderenza in meno favorevoli condizioni sia d'atmosfera che del terreno. Si potrebbe far qualche obbiezione al valore del coefficiente d'aderenza verificato nelle esperienze sulla macchina Aveling e Porter, non essendosi spinta in esse la forza trazione sviluppata dalla macchina fino a raggiungere o superare l'aderenza, cioè fino allo scorrimento delle ruote; ma le esperienze sulla macchina Tennant furono appunto condotte fino a questo limite, e quindi non v'ha quasi alcun dubbio che il coefficiente 0,30, vale a dire il doppio circa di quello che si verifica sulle ferrovie, rappresenti il valore massimo dell'aderenza su una strada ordinaria.

Per queste ragioni crediamo assai vantaggiosa e importante l'idea emessa dal sig. Cottrau di applicare ai cerchioni delle ruote motrici un cerchione di caoutchouc di un grosso spessore, ad imitazione del sistema adottato dal sig. Thompson di Leith, e sul quale riferiremo in appresso. Con questo sistema

l'aderenza può salire fino a 0,50 in condizioni favorevoli, vale a dire sarebbe appunto quasi 4 volte l'aderenza che si verifica fra le ruote delle locomotive e le rotaie; e in tal caso la macchina del tipo prescelto dal sig. Cottrau o di qualunque altro tipo che si ritenesse conveniente, potrebbe utilizzare tutta la forza di trazione di cui è capace, e quindi rendere veramente economico e vantaggioso l'esercizio di una ferrovia di terzo ordine.

Comunque sia è certo che, eliminati coll'esperienza di qualche anno tutti i difetti secondarii che l'esperienza stessa potrebbe render palesi, il sistema del sig. Cottrau si presenta come la soluzione più ragionevole che si conosca finora del problema delle ferrovie economiche. Si è mostrato nell'*Annuario* precedente, in base agli interessantissimi studi dell'ing. Biglia, come sia difficile, organizzando simili ferrovie come furono finora organizzate, di cavarne un profitto, senza aggravare l'amministrazione o i Corpi morali interessati di pesanti garanzie. L'esiguità del traffico che caratterizza l'esercizio di queste ferrovie di terzo ordine non solo non permette di costruirle e di usufruttarle cogli stessi metodi adottati per le grandi linee, ridotti in scala minore; ma esige ancora che si sacrifichi la velocità in favore del carico rimorchiato e quindi che si cambi radicalmente il sistema dei motori. E siccome non si possono variare l'uno rispetto all'altro i due fattori del lavoro che una macchina può dare, diminuendo la velocità a profitto della forza di trazione, senza essere contemporaneamente obbligati a soddisfare al principio dell'aderenza, così fino a un certo limite di velocità e di pendenze ¹⁾ le locomotive-tender ordinarie con tutte le sale accoppiate possono bastare al servizio; e in questo caso saranno sempre le macchine migliori, ad esclusione di qualunque altro sistema: ma oltre questo limite bisognerà ricorrere al principio dell'aderenza artificiale. Ora quale sistema di aderenza artificiale si potrebbe immaginare più semplice di quello proposto dal sig. Cottrau? Noi non consiglieremmo certamente un simile sistema per le grandi linee dei passaggi di montagna, perchè in tal caso il peso assoluto dei convogli

¹⁾ Cioè ad una velocità di 8 chilometri all'ora, ed a pendenza del 15 per ‰ — Ma non crediamo possibile, specialmente in Italia, che possano impiantarsi ferrovie economiche con pendenze limitate al 15 per ‰.

da rimorchiarsi non s'accorderebbe col peso e quindi colla forza limitata che possono avere delle macchine le cui ruote riposano direttamente sul terreno. Simili macchine non potranno mai avere dimensioni e forze maggiori di quelle che corrispondono alle più forti locomotive stradali, o macchine di trazione, costrutte sinora ¹⁾. Ma per una piccola linea di 3." or-

¹⁾ Dall'aver osservato che una locomotiva stradale Thompson è capace di sviluppare sul terreno un'aderenza di 0,50 (ossia appunto 4 volte quella che si verifica per le locomotive ordinarie sulle rotaie) ne segue che l'aderenza sviluppata da una macchina Thompson del peso di 10 tonnellate è equivalente a quella di una locomotiva ordinaria del peso di 40 tonnellate; ossia che la potenza di trazione in queste macchine diverse, e di peso l'una quadruplo dell'altra, sarà la stessa. Di vero, la locomotiva ordinaria di 40 tonnellate potrà sviluppare un'aderenza utile di 5000 chilogrammi, e potrà quindi trascinare sulla pendenza del 5 per $\frac{1}{100}$ una carica di 90 tonnellate, compresa la macchina, ossia 50 tonnellate oltre la macchina — La locomotiva stradale svilupperà anche 5000 chil. di aderenza utile, ma trascinerà un peso di 76 tonnellate oltre la macchina; ossia nel 1.° caso la carica rimorchiata equivale ad 1.25 volte il peso del motore, e nel 2.° caso a 7.60 volte il medesimo peso della macchina. La velocità di un motore dipende al certo da molte cagioni del tutto estranee all'aderenza sviluppata dal motore stesso, non pertanto essa velocità dipende essenzialmente dalla somma delle resistenze vinte dallo sforzo di trazione, atteso che il lavoro totale che può sviluppare una macchina espresso in chilogrammetri, diviso pel numero di chilogrammi di aderenza sviluppata dal motore, dà appunto la velocità; cosicchè, se negli esempi addotti supponiamo che i due diversi motori utilizzino tutto lo sforzo di trazione che sono capaci, egli è evidente che le velocità ottenute mediante la locomotiva usuale o la macchina Thompson stanno fra loro nel rapporto inverso dei carichi trascinati, ovvero come 76: 50; epperò laddove con la macchina Thompson ci contenteremo far rimorchiare un peso di sole 50 T (cioè un peso 5 volte quello del motore) come per la locomotiva ordinaria, dovremo ottenere coi due sistemi una eguale velocità, la parte dello sforzo di trazione che dovrebbe trascinare le 26 T di più, potendo andare tutta a favore della velocità.

Abbiamo notato questo fatto acciò vèggasi che sulle forti pendenze, cioè su pendenze superiori al 15 p. $\frac{1}{100}$, le locomotive stradali possono fornire le medesime velocità che le locomotive ordinarie, e ad ogni modo che con le prime macchine si ottiene una maggiore economia nella trazione, atteso che la trazione deve necessariamente costar molto meno (forse $\frac{1}{3}$) con un motore di 10 T anzi che con un motore di 40 T. — A noi sembra dunque che i viaggiatori non possono nè debbono sperare con le locomotive ordinarie, su forti pendenze, velocità superiori a 15 e 18 chilometri all'ora, mentre tali velocità saranno loro sicuramente ed economicamente fornite dalle locomotive stradali.

dine, su cui il traffico giornaliero è esiguo, su cui per conseguenza si tratta di rimorchiare dei piccoli convogli con piccola velocità, non si potrebbe trovare un principio più semplice, per avere una grande aderenza, dell'idea di cercar l'aderenza stessa sul terreno, facendovi scorrere le ruote motrici, ma conservando nel medesimo tempo a tutto il restante convoglio il beneficio delle ruotaie.

Sarebbe venuto adunque il tempo che nelle località dove si sente il bisogno di stabilire delle comunicazioni economiche fra due centri vicini, o di collegare qualche centro secondario con una linea ferroviaria principale, si pensasse una volta a concretare qualche cosa di preciso, usufruttando un sistema il quale si presenta con tutte le condizioni più propizie ad assicurarne il successo. Il costo di una linea di 3° ordine non sorpasserebbe mai in tal caso 45 mila lire al chilometro anche se dovesse essere tutta tracciata al di fuori delle strade ordinarie; ma verificandosi la circostanza favorevole, cosa facilissima da noi in molte provincie ove la rete stradale è assai fitta, e le strade sono larghe e ben mantenute, che si possa usufruttuare il margine stesso di una strada ordinaria per collocarvi il binario, il costo chilometrico della linea potrebbe discendere a sole 20 mila lire, cifra assolutamente piccola e alla portata di moltissime provincie e di molti comuni e consorzi. Queste cifre comprendono eziandio il materiale mobile per l'esercizio della linea. La straordinaria riduzione nelle spese di impianto, rispetto a quelle richieste dalle ferrovie ordinarie, dipende come si sa da moltissime cause, e soprattutto dalla riduzione al minimo possibile dei fabbricati di servizio e dei manufatti, dalla leggerezza del materiale fisso, e dal piccolissimo numero di opere d'arti importanti in conseguenza delle curve e delle pendenze che il sistema permette di adottare. Quanto alle spese di esercizio, esse pure sono ridotte in proporzione, così che secondo i calcoli istituiti nelle supposizioni più sfavorevoli, il costo d'una tonnellata-chilometro non dovrebbe elevarsi a più di 6 centesimi anche per un traffico giornaliero esiguo su una breve linea con pendenze esagerate: si vede quindi, come si possa sperarne un conveniente interesse del capitale impiegato anche adottando tariffe moderate.

Abbiamo sotto gli occhi, mentre scriviamo, un articolo del *Diritto* del 4 novembre 1869, nel quale, citando le pubblica-

zioni del signor Cottrau e del signor Boubée, si tratta dei vantaggi che il sistema Cottrau potrebbe presentare per collegare Cattolica, territorio ricco di prodotti agricoli e principale emporio del commercio dello zolfo, colla marina di Porto Empedocle in Sicilia; e ciò che è ancora più positivo, un progetto di congiunzione fra Sora e Roccasecca per Isola, da farsi con capitali privati, mediante l'appoggio della Provincia, che consisterebbe nella cessione di una zona di terreno larga 3 metri sia sulla strada nazionale sia sulla campagna adiacente. Speriamo per l'avvenire del paese, che questi progetti non sieno destinati a rimanere tali, come avvenne di molti altri; e che sieno i primi sintomi di un risveglio d'attività locale, che sola può rendere veramente utili alcune di quelle arterie ferroviarie create con tanta larghezza e con tanto sacrificio: altrimenti esse non faranno che pesare sterilmente, come han fatto finora, sul bilancio dello Stato ¹⁾.

È una cosa assai singolare che, mentre da alcuni anni al presente si vanno facendo continuamente tentativi ed esperienze per risolvere il problema della locomozione a vapore sulle strade ordinarie, mentre ogni costruttore proclama i successi delle proprie macchine, mentre si annuncia la costituzione di Società per porre la locomotiva stradale al servizio dell'industria e delle comunicazioni d'interesse locale, sembra che il pubblico non sanzioni tutto questo movimento, che non trovi il suo tornaconto in un'applicazione di cui pur si vantano generalmente i vantaggi. Ciò deve dipendere evidentemente dall'imperfezione della locomotiva stradale; tutti ne riconoscono l'importanza in

¹⁾ In oggi, oltre alle mentovate linee di *Cattolica-Porto Empedocle* e *Roccasecca-Isola-Sora*, molte altre ferrovie economiche secondo il sistema Cottrau sono state già proposte ed alcune studiate; fra le altre citeremo: *Torino-Monteferrato*, *Cesena-Porto Cesenatico*, *Bari-Spinazzola*, *Bari-Gravina*, *Bari-Putigliano*, *Campobasso-Termini-Isernia*, (Vedi Allegato I) *Gallipoli-Zollino* (pel caso in cui verrebbe definitivamente ammesso dal Governo il prolungamento della linea Adriatica verso Otranto) *Cancello-Arienzo-Montechiaro*, *Potenza-Eboli*, *Lecce-Taranto*, *Reggio-Gioja*, *Palermo-Cefalù*, *Caltanissetta-Licata*, *Porto Empedocle-Montedoro* per Favara, *Giulianova-Teramo-Aquila*. I progetti di massima di queste ultime due linee, redatti dall'Ing. Paolo Boubée, vennero già sottoposti all'approvazione ministeriale, e trovansi tuttora all'esame del Consiglio Superiore del Ministero dei Lavori Pubblici.

teoria, ma v'è ancora qualche cosa che, nel campo pratico, ne elide i vantaggi. Nell'*Annuario* precedente si sono esposte le cause del poco successo di queste macchine in Francia, ove l'entusiasmo dominante per le comunicazioni d'interesse locale ha fatto credere per un istante che esse potrebbero fornirne la migliore soluzione. Le locomotive stradali non potranno mai surrogare una ferrovia di 3° ordine; ma una volta che simili ferrovie saranno compite, queste macchine potranno diventar preziose per tutte le comunicazioni di più breve percorso, nelle quali il traffico giornaliero non sorpassi al più 10 tonnellate, e in cui anche i passeggeri dovranno adattarsi alle piccole velocità, alle quali soltanto abbiamo mostrato che la locomotiva stradale può diventare realmente un mezzo economico di trasporto.

Non ci rammentiamo bene se l'anno scorso o due anni fa, è comparso su un giornale inglese il disegno di una ruota elastica o flessibile, interamente metallica, da applicarsi alle locomotive per aumentarne l'aderenza; benchè si animetta generalmente che l'aderenza dipenda solo dalla pressione e non dall'estensione delle superficie a contatto, pure è dimostrato dall'esperienza che cresce coll'estensione di queste. Ora il signor Thompson, costruttore a Leith presso Edimburgo, ha immaginato di rivestire di caoutchouc le ruote delle macchine di trazione per aumentare il contatto; il caoutchouc si modella, diremmo, sulla superficie della strada, si appiglia a tutte le asperità della medesima e quindi la ruota ha assai meno tendenza a scivolare. Di questo sistema si è già discusso nell'*Annuario* precedente, ma da allora al presente esso ha ricevuto qualche modificazione; e siccome d'altronde si hanno adesso delle esperienze più precise di quelle esposte allora, così crediamo utile di attrarre di nuovo su di esso l'attenzione dei lettori dell'*Annuario*; si tratta di risultati così soddisfacenti che sembrano assicurare una decisa superiorità a questo sistema di locomotiva stradale su tutte le altre immaginate finora.

Ciò che la locomotiva Thompson ha di speciale è, come si disse, la forma delle ruote motrici. Sono ruote che hanno una grande larghezza (più di 30 centimetri), e sul contorno delle quali è avvolto un cerchione di caoutchouc di 12 centimetri

di spessore. Questa era la forma della ruote quando si fecero le esperienze riferite nel precedente *Annuario*; attualmente, forse per prevenire un troppo rapido consumo del caoutchouc, il sig. Thompson applica all'esterno del cerchione di caoutchouc una catena composta di piastre d'acciaio articolate in modo da lasciare un certo giuoco fra l'una e l'altra; questa catena costituisce come una fascia attorno al cerchione, che lo salvaguarda; e, probabilmente, mentre conserva nel cerchione tutta l'elasticità che ne forma la proprietà caratteristica, serve anche a dare un aumento d'aderenza pari a quello che mirano ad ottenere tutti i costruttori inglesi di locomotive stradali guarnendo di piastre sporgenti i cerchioni delle loro ruote di ferro.

Con questa forma di ruote il cerchione combacia col terreno, ne *sposa* la forma, per usare un'espressione francese di grande evidenza; quindi non solo la presa è più energica, ma la pressione è anche ripartita su una superficie maggiore e la superficie stradale è meno intaccata.

I risultati ottenuti colla macchina di trazione del signor Thompson sono importantissimi, come si osservò nel precedente *Annuario*, e constatacono perfettamente il grande aumento d'aderenza che si raggiunge col cerchione elastico. Nelle prime esperienze una macchina del peso di $8\frac{1}{2}$ tonnellate rimorchiò sulla strada New-Battle a Leith, lunga 18 chilometri e presentante delle pendenze ascendenti fino al 6 per 100, un convoglio di 32 tonnellate, lungo 27 metri, manovrando colla massima facilità ed entro raggi piccolissimi. Sulla salita di Cockburn Street rimorchiò 16 tonnellate in condizioni sfavorevoli d'aderenza; e provò di essere applicabile con esito egualmente favorevole sul selciato, sul macadam, sulle strade coperte di un velo di ghiaccio, sui terreni appena arati e sulle sabbie della spiaggia.

Dopo l'adozione della fasciatura d'acciaio sul cerchione di caoutchouc, una macchina Thompson della forza di 6 cavalli e del peso di 6 tonnellate, cinque delle quali sono utilizzate per l'aderenza ha potuto rimorchiare un carico totale di 23 tonnellate, compreso la macchina, sulla pendenza di $\frac{1}{12}$ della strada da Leith a Granton: una locomotiva stradale del tipo ordinario, pesante 14 tonnellate di cui 10 di peso aderente, è riuscita

a stento a raggiungere lo stesso risultato. Da questa esperienza comparativa è facile dedurre che, mentre a quest'ultima corrispose un coefficiente d'aderenza di 0,30 al di là del quale le ruote scivolavano sul posto, la macchina Thompson ha raggiunto un coefficiente d'aderenza di 0,45, cioè mezza volta più grande di quello presentato da tutti i sistemi con cerchioni metallici indeformabili.

Una di queste macchine Thompson di 6 cavalli fa il servizio regolare di un molino a Aberdeen, percorrendo giornalmente 23 chilometri fra andate e ritorni; la via presenta in un punto la straordinaria pendenza del 13 per 100, sulla quale la macchina rimorchia un carico totale di 17 tonnellate, macchina compresa, sviluppando l'enorme potere aderente di 0,50. La velocità media con cui la macchina funziona è di 6 a 8 chilometri all'ora, con un consumo di un chilogrammo circa di carbone per chilometro e per tonnellata di carico rimorchiato, dedotto il peso della macchina.

Il costo del trasporto per chilometro e per tonnellata di peso lordo trasportato (cioè compreso i carri), varia colla macchina Thompson da 28 a 30 centesimi; cifre che si accordano abbastanza con quelle esposte nell'*Annuario* precedente a proposito delle locomotive stradali Albaret; ora la trazione con cavalli costando da 45 a 80 centesimi per tonnellata chilometro, si può vedere qual vantaggio possa arrecare la locomotiva a vapore nel caso di un traffico regolare di una certa entità. È inutile di aggiungere che queste cifre, valevoli per l'Inghilterra, dovrebbero subire una modificazione applicandosi all'Italia, e che probabilmente la differenza, per il costo assai più elevato del carbon fossile, deve risultare notevolmente minore ¹⁾.

¹⁾ In Italia il trasporto per tonnellata-chilometro con le macchine Thompson sulle strade ordinarie costerà non meno di 35 a 38 centesimi; ma laddove si utilizzi una di queste macchine nel sistema Cottrau, cioè facendo scorrere la carica tutta sulle rotaie, egli è evidente che il detto trasporto dovrà costare da 4 a 5 volte meno, ossia da 7 a 9 centesimi. — E se inoltre s'introducano nella macchina Thompson quelle modificazioni proposte dal Cottrau, cioè l'adottamento della caldaia Belville e la pressione di 8 atmosfere, ci è lecito credere che il prezzo chilometrico del trasporto di una tonnellata dovrà abbassarsi fino a 5 centesimi.

ALLEGATO XIII.

Note sur les chemins de fer d'intérêt local.

*Adressée à MM. les membres de la Société des Ingénieurs Civils de Paris
par M. Fr. C. Paul Boubée, Ingénieur, membre de la Société.*

Dans toutes les discussions au sujet des chemins de fer d'intérêt local, j'ai eu l'occasion d'observer qu'on sépare constamment la question technique de la question pratique, et la question de l'implantation de la ligne de celle de l'exploitation: de là évidemment toutes les contradictions.

Depuis longtemps on a posé comme axiome que la voie doit se plier au moteur et non pas le moteur à la voie; c'est-à-dire qu'il faut d'abord faire le choix du moteur à employer sur la ligne qu'on veut établir, et qu'ensuite on doit fixer le type de la voie. Cette vérité est incontestable lorsqu'il s'agit des chemins de fer de 1.^{er} ordre ou à grande portée: dans ce cas, en effet, c'est bien au moteur qu'il faut d'abord s'adresser afin de connaître quels sont les effets utiles dont il est capable, comme puissance, comme vitesse, etc. Mais pour des chemins de fer d'intérêt local, cet axiome ne saurait exister. En effet, le moteur et la voie doivent être tous les deux subordonnés à la plus grande économie, non seulement dans la construction, mais encore dans l'exploitation de la ligne; et cette même économie doit être subordonnée à l'importance du trafic des localités auxquelles la ligne est destinée. — Voilà certes ce qu'on ne doit jamais oublier, et qu'on oublie pourtant complètement lorsqu'il s'agit de discuter les détails d'un système de chemin de fer d'intérêt local, ou tout simplement le type d'une machine. C'est une des raisons qui me font tenir essentiellement au titre de *chemins de fer économiques* que M.^r Alfred Cottreau et moi nous donnons aux lignes d'intérêt local.

Il est avéré que pour réduire les frais de construction d'une ligne du 3.^e ordre, il faut éviter les grands mouvements de terre, les ouvrages d'art importants, les tunnels, réduire la lar-

geur de l'emprise des terrains, admettre par conséquent les fortes rampes et les courbes de petit rayon, et épouser enfin toutes les sinuosités et les ondulations de la campagne. Il faut en outre réduire les proportions de la superstructure de la voie, c'est-à-dire rendre aussi léger et aussi économique que possible l'armement et le matériel roulant, réduire le nombre des installations, des bâtiments, des gares etc... Quant à l'exploitation, il est évident qu'on doit réduire les frais généraux et le personnel à des proportions minimales, n'avoir qu'une manutention facile et peu coûteuse, n'admettre que le nombre de trains nécessaire aux besoins du trafic, et surtout réduire considérablement les frais de traction, en utilisant toute la puissance du moteur par la remorque de lourdes charges à de petites vitesses.

Par quels moyens parvient-on à concilier ces deux espèces d'économie?

Remarquons, en passant, que la question est fort complexe: la puissance du moteur, les frais de traction, la manutention, et d'autres éléments encore, ne se rattachent-ils pas au type de voie que l'on aura adopté? — Admettons, par exemple, une ligne du 3.^e ordre avec des pentes de $45 \frac{1}{100}$ et des courbes de 50^m de rayon, quel sera le moteur à adopter? — Admettons d'autre part une locomotive à 2 essieux couplés, du poids de 25 tonnes, quelles seront les pentes et les courbes, quel sera l'armement admissible pour la voie? Et, dans les deux cas, quelles seront les économies réalisables dans la construction et l'exploitation de la ligne, et surtout dans les frais de traction?

De quelque côté que nous nous adressions, nous entrevoyons de graves difficultés: l'une des choses étant admise, les autres en découlent naturellement. Cependant, en observant que la résolution directe et distincte des deux hypothèses ci-dessus nous conduit à des résultats tout-à-fait contradictoires, il nous est permis de croire qu'en fondant ces deux hypothèses en une seule nous pourrions obtenir des résultats beaucoup plus favorables et n'offrant plus aucune contradiction entre eux. Ainsi, au lieu de considérer les pentes, les courbes, l'armement etc., comme des variables indépendantes d'une même fonction $f(x, y, z, \dots)$; et le poids, le nombre d'essieux, la puissance du moteur, etc., comme des variables indépendantes d'une autre fonction $\varphi(\alpha, \beta, \gamma, \dots)$; considérons toutes ces quanti-

tés comme des variables indépendantes d'une seule et même fonction

$$F(x, y, z, \dots, \alpha, \beta, \gamma, \dots)$$

Cette fonction unique représentera le total des dépenses pour la construction et l'exploitation de la ligne à établir, et par conséquent elle sera elle-même fonction du trafic T , soit

$$F(x, y, z, \dots, \alpha, \beta, \gamma, \dots) = X(T)$$

Voilà l'équation qu'il faudrait pouvoir trouver, et qu'on ne pourra malheureusement jamais établir, attendu qu'il est impossible de déterminer les coefficients des éléments $x, y, z, \dots, \alpha, \beta, \gamma, \dots$ ou en d'autres termes, on ne peut établir les rapports de ces mêmes quantités entre elles et la fonction $X(T)$ du trafic. Il faut donc se contenter de procéder par tâtonnements ainsi qu'il a été fait jusqu'à présent.

Observons encore que pour un *minimum* de trafic, et pour un *maximum* d'économie dans la construction et l'exploitation d'une petite ligne, soit pour le *minimum* des dépenses de construction et d'exploitation, il faudrait pouvoir obtenir en même temps :

- (a) le *min.* d'emprise de terrain,
- (b) le *max.* des pentes,
- (c) le *min.* du rayon des courbes,
- (d) le *min.* de l'armement,
- (e) le *max.* de la puissance de traction,
- (f) le *min.* du poids de la machine,
- (g) le *min.* des frais de traction,
- (h) le *min.* du nombre d'essieux du moteur,
- (i) le *max.* de la vitesse, ou une vitesse moyenne qui soit *max.* pour le moteur dans les conditions ci-dessus,
- (k) le *max.* d'adhérence naturelle et utile, pour le *max.* des pentes et le *min.* du poids du moteur.

Or il est généralement reconnu :

- que l'armement est proportionnel au poids du moteur ;
- que le rayon des courbes dépend du nombre d'essieux couplés, de la vitesse, et de la nature du matériel roulant ;
- que les frais de traction dépendent du poids de la machine, des pentes et de la vitesse ;

que la puissance de la machine ¹⁾ est proportionnelle à son poids, et qu'elle dépend aussi du nombre d'essieux couplés;

que la puissance du moteur en marche dépend essentiellement de l'adhérence qui se produit au contact des roues motrices et des rails;

que l'adhérence est directement proportionnelle au poids de la machine et au nombre d'essieux couplés;

qu'enfin cette adhérence est une fonction inverse de la pente, car, sur les pentes, la composante du poids du moteur parallèle à la voie s'ajoute à la résistance du train, au lieu d'aller en faveur de l'adhérence.

L'examen de ces rapports généraux n'est pas inutile; au contraire, il nous fait mieux apprécier la valeur limite de chacun des éléments variables que l'on doit envisager dans l'étude préliminaire d'un chemin de fer véritablement économique.

Il est à remarquer que les quantités (b) et (c), c'est-à-dire les pentes et courbes, dépendent essentiellement des conditions locales de la campagne, de sorte que leurs valeurs *max.* et *min.* seront toujours relatives aux applications particulières qu'on voudra étudier. Aussi il sera nécessaire pour chaque cas de déterminer préalablement les valeurs des autres quantités (d), (e), (f),... y ajouter les conditions locales, et en déduire le *max.* de (b) et le *min.* de (c) qu'il ne faudra pas dépasser dans la pratique. Dès-lors on comprend que les quantités (b) et (c) doivent être considérées, d'abord comme des fonctions de (d), (e), (f)... et puis comme des variables indépendantes ou des fonctions des conditions locales du terrain.

Par tout ce qui précède nous avons voulu démontrer que l'étude rationnelle des chemins de fer d'intérêt local ne peut pas se borner à quelques détails d'une machine, ou à une seule des quantités variables indiquées ci-dessus; qu'elle doit au contraire embrasser toutes ces quantités et les coordonner de manière à ce qu'elles concourent toutes vers les limites qui leur sont assignées, ou du moins à ce qu'elles s'en éloignent le moins possible.

Avant de quitter cette thèse générale il nous faut encore observer un fait capital:

¹⁾ Comme puissance du moteur nous entendons ici le produit de la charge remorquée par la vitesse utile du train, bien que ce ne soit pas la définition théorique et exacte de la puissance d'une locomotive.

La quantité (a) a certainement une grande influence sur l'économie à réaliser dans la construction et l'exploitation des chemins de fer d'intérêt local; en effet, les acquisitions de terrain et surtout la grande largeur de la plate-forme sont une lourde charge pour les Compagnies des lignes du 3.^e ordre. Aussi a-t-on jusqu'à présent déployé tous ses efforts pour atteindre ce *minimum* d'emprise des terrains. Evidemment on a songé que la conséquence inévitable d'une réduction dans la largeur de la plate-forme, était la réduction de la largeur de la voie. On a ensuite réfléchi que la plus faible largeur de voie donnerait encore l'avantage d'admettre des courbes d'un rayon très-petit; de sorte qu'on en est arrivé à établir, à peu près comme un axiome, que la base de tout chemin de fer d'intérêt local (ou économique) était sans contredit la *voie réduite*. — Nous avons tâché de combattre ce principe dans un mémoire publié l'année dernière à Florence, *sur les chemins de fer économiques*, et dont je me suis empressé d'envoyer une copie à l'honorable Société des Ingénieurs Civils de Paris. Mais le cadre étroit dans lequel nous avons restreint notre travail ne nous avait pas permis alors de développer les raisonnements que nous trouvons à opposer au principe admis de la voie réduite; on me permettra donc de combler cette lacune importante de notre précédent mémoire, par une observation déduite des vérités établies ci-dessus.

Le *minimum* d'emprise de terrain, ainsi que nous l'avons déjà dit, ne peut avoir d'autre conséquence que la réduction de largeur de la voie, et cette réduction n'a encore d'autre rapport qu'avec le rayon des courbes; à part donc ces faibles considérations, nous ne trouvons plus aucun rapport entre la quantité (a) et les autres quantités (b), (d), (e).... Comment peut-on alors établir en principe que la voie réduite est la base des chemins de fer d'intérêt local? — Nous ne contestons pas que les économies réalisées par les petites acquisitions de terrain et les courbes de petit rayon, ne doivent être prises en considération, et que même elles doivent être acceptées lorsqu'on peut obtenir, outre ces avantages, ceux qui dérivent des valeurs limites de (b), (d), (c)....; mais nous soutenons, surtout en vue de l'exploitation, que ces économies de terrains et la voie réduite n'ont qu'une faible influence dans l'implantation bien entendue et économique d'une ligne du 3.^e ordre, et dans quel-

ques cas particuliers nous soutenons même que ces économies et ces réductions sont nuisibles ¹⁾).

Dans une simple *Note* nous ne saurions rapporter toutes les observations pratiques qu'il nous a été donné de faire sur les différents systèmes de chemins de fer d'intérêt local qu'on a adoptés soit en France, soit à l'étranger; ni montrer les rapports approximatifs qui existent entre les valeurs générales (a), (b), (c), (d)... données précédemment, et leurs valeurs réelles sur les différentes applications et même sur les grandes lignes: il y aurait dans cette étude la matière de tout un grand ouvrage, dont l'utilité serait peut-être encore contestable. — Nous croyons bien faire de nous en tenir à l'exposé succinct de notre opinion en fait de chemins de fer économiques, et d'en montrer la portée par sa comparaison avec les deux principales applications du système ordinaire des grandes lignes aux lignes du 3.^e ordre: soit, la ligne Enghien-Montmorency, et la ligne S. Spirito-Starza (ouverte à l'exploitation le 27 Mai dernier et complétant provisoirement la ligne de Naples à Foggia, réseau-sud italien).

Notre opinion particulière est la suivante:

Sur les chemins de fer d'intérêt local, dont le tracé ne présente aucune pente ou des pentes limitées au 5^o/∞, on peut indifféremment adopter le système ordinaire de locomotion ou un système-mixte: le premier donnant un surcroît de vitesse, et le second un surcroît de charge traînée à une vitesse inférieure, mais avec le même effort de traction. Avec des pentes s'élevant au 15^o/∞, le système-mixte est déjà beaucoup plus économique que le système ordinaire; et enfin avec des pentes supérieures au 15^o/∞, le système de locomotion doit être essentiellement mixte. Or, étant bien reconnu qu'une ligne d'intérêt local doit admettre nécessairement de fortes pentes, et par conséquent des pentes supérieures au 15^o/∞, nous croyons pouvoir conclure d'une manière absolue que le système de locomotion à adopter pour les lignes du 3.^e ordre doit être le système-mixte ²⁾).

¹⁾ Par exemple, pour des lignes très-courtes, de 4 à 5 kilomètres, destinées à relier une carrière à une gare de la ligne principale, lorsque le minerai ne saurait être transbordé à la gare de jonction sans pertes ou avaries.

²⁾ Nous entendons par système-mixte celui qui présente aux roues

Le système ordinaire, dira-t-on, peut présenter aussi des pentes très rapides, et atteindre comme sur la ligne d'Enghien-Montmorency le 45 ‰, ou sur la ligne S. Spirito-Starza le 39 ‰; mais il suffira de faire quelques observations sur les conséquences pratiques de ces pentes, pour s'assurer que le système ordinaire est précisément inadmissible sur les lignes économiques.

L'armement de la ligne Enghien-Montmorency est formé de rails de 37^{kg}, 50 par mètre courant, et coûtant environ 40,000 francs, par kilomètre; l'armement de la ligne S. Spirito-Starza est formé de rails de 35^{kg} p. m., et coûtant environ 36,000 frs. par kilomètre. Ne pouvait-on rendre cet armement plus léger et moins coûteux? — C'était impossible à cause des machines destinées à l'exploitation de ces lignes. En effet, les locomotives employées sur la ligne d'Enghien sont à 3 et à 4 essieux couplés; elles pèsent à vide 24^t et 27^t, et en charge 30^t, 300 et 36^t, 600, les essieux supportant par conséquent un poids de 9^t, 25 à 10^t, 50. — Sur la ligne de S. Spirito les machines sont à 2 essieux couplés; elles pèsent à vide 25^t, et en charge 29^t, 500, chaque essieu supportant par conséquent la charge énorme de 14^t, 750; ces machines nécessiteraient évidemment un armement en rails de 40^{kg} p. m. en acier, et coûtant environ 45,000 francs par kilomètre¹⁾.

Sur la ligne d'Enghien le rayon *minimum* des courbes est de 300^m; la charge brute *maxima* remorquée varie de 40^t à 60^t à la vitesse moyenne de 11 kilomètres à l'heure, soit une charge équivalente à 1,33 ou 1,66 fois le poids du moteur. —

d'un même train deux surfaces de roulement différentes: soit le rail et le terrain battu. Nous ne sommes pas partisans cependant des systèmes mixtes appelés *uno-rail*, de MM. rs Goudal et St. Pierre et de M. r Larmanjat, car leurs effets utiles sont par trop limités; mais nous appuyons complètement le système de M. Alfredo Cottrau, dans lequel seulement les deux roues motrices de la locomotive s'appuient sur le terrain, où elles trouvent le *maximum* d'adhérence *naturelle* et *utile* qu'on peut désirer et obtenir par ce genre de moteur; et dans lequel encore toutes les autres roues du train agissent sur les rails, au contact desquels il se produit le *minimum* d'adhérence, et par suite le *minimum* de résistance de la charge du train à la traction.

¹⁾ La ligne S. Spirito-Starza étant établie provisoirement et pour un an, on y a employé des rails de 35^{kg}, quelle que puisse être leur usure au bout de l'année.

Sur la ligne de S. Spirito le rayon *minimum* des courbes est de 140^m; la charge brute *maxima* remorquée varie de 28^r à 35^r à la vitesse de 10 kilomètres à l'heure, soit une charge équivalente à 1 ou 1,25 fois le poids du moteur.

Ainsi donc avec le système ordinaire, en admettant des rampes relativement très fortes, et des courbes d'un rayon relativement faible, on n'aura évité que les trop grands mouvements de terre et les tunnels; mais on aura, par le fait, augmenté les dépenses pour l'armement, le poids de la machine par rapport à la charge remorquée, les frais de traction, et par conséquent les frais d'exploitation. Peut-on-dire que le système ordinaire est économique; et qu'il résolve la question des chemins de fer d'intérêt local?

Prenons maintenant un système-mixte *uno-rail*, celui de M.^r Larmanjat, et observons les résultats pratiques obtenus par ce système sur les lignes déjà en exploitation, Le Raincy-Montfermeil, Joigny-Toucy, Aillant-Joigny et Lisbonne-Torrevedras (Portugal). — Les tracés de ces lignes offrent des pentes de 72^m/₁₀₀₀ et des courbes dont le rayon n'a que 5^m, 90. Leur armement se compose d'un seul rail de 13^k,50 p. m. Les machines employées pèsent 5^r,50 dont 1^r,50 seulement agit sur le rail. La vitesse moyenne est de 12 kilomètres à l'heure, et cette vitesse est encore de 7 kilomètres à l'heure sur la plus forte rampe de 7^m/₁₀₀₀. La charge *maxima* trainée dans les conditions ci-dessus est de 12^r, soit de 2,40 fois le poids du moteur. Les avantages de ce système sont réellement très économiques, et par conséquent il s'adapte beaucoup mieux que le système ordinaire aux lignes du 3^e ordre. Il existe pourtant dans ce système quelques inconvénients (entre autres ceux qui dérivent directement du rail unique) que la plupart des membres de l'honorable Société des Ingénieurs Civils de Paris ont signalés, et qui ont fait rejeter en principe le système de M.^r Larmanjat, comme ne tranchant pas toutes les difficultés qui se rattachent aux petites lignes.

Observons enfin quels seraient les résultats incontestables du système-mixte proposé par notre collègue, l'Ing. Alfredo Cottrau de Naples, et dont on organise en ce moment une application expérimentale en Italie. — Ainsi qu'il a été déjà dit, les 2 rails de ce système supportent toutes les roues du train, à l'exception seulement des deux roues motrices de la loco-

tive qui s'appuient sur le terrain battu compris entre les rails. Il est indubitable que par ce système (identique en principe à celui de M.^r Larmanjat), nous devons obtenir, non seulement tous les effets économiques constatés pour M.^r Larmanjat, mais encore une économie considérable dans la traction, représentée par le surcroît de charge remorquée avec le même effort de traction, ou par une augmentation de vitesse, ou par une diminution dans la puissance du moteur et par conséquent dans les frais de traction, ou bien encore par de plus fortes rampes surmontées en remorquant la même charge. — Les rails auront un poids de 12 à 13^k, comme dans le système *uno-rail*; dans les courbes on pourra admettre le rayon *minimum* de 30^m, en modifiant légèrement le matériel roulant ainsi qu'on l'a déjà fait en France et à l'étranger dans des applications spéciales. La locomotive de M.^r Cottrau passera toujours dans les courbes d'un rayon même inférieur à 30^m. — En utilisant dans ce système toute la puissance d'un moteur de 5^r, on remorquera une charge de 30^r sur les pentes de 45^{"/100}, à la vitesse de 11 kilomètres à l'heure, et 17^r,25 à la vitesse de 8 kilomètres à l'heure sur des pentes de 75^{"/100}, soit encore, 6 fois, dans le premier cas, et 3, 45 fois, dans le second, le poids du moteur.

Les avantages économiques du système Cottrau ne se bornent point là. Le double rail permet de rendre l'implantation de la ligne du 3.^e ordre sensiblement proportionnelle au trafic des localités que la ligne devra desservir; d'où il suit que la largeur de la voie pourra varier depuis la largeur normale 1^m 50 jusqu'à 1^m, et même au-dessous; l'exploitation de la ligne ne saurait être plus économique, car la manutention coûtera fort peu de chose (la 4^{me} partie à peu près de celle qui se vérifie sur les lignes de M.^r Larmanjat), et la machine pouvant remorquer avec un même effort de traction une charge *triple*, au *minimum*, de celle qui serait remorquée par le système ordinaire (sur des pentes beaucoup plus faibles, et à la même vitesse), il en résulte que les frais de traction seront considérablement inférieurs à ceux des autres systèmes de locomotion, et par suite que les prix de transport pour les voyageurs et les marchandises seront excessivement faibles. En un mot, le système de M.^r Cottrau offre autant et même plus d'économie dans la construction que celui de M.^r Larmanjat; il offre ensuite une ex-

ploitation aussi économique pour la Société qui entreprendrait la ligne que pour les populations qui en jouiraient, et enfin il offre, avec de faibles moyens et de faibles rétributions, tous les avantages des grandes lignes.

Afin de rendre cette *Note* plus complète, nous ajoutons ci-après les données spéciales du tracé des lignes Enghien-Montmorency et S. Spirito-Starza, ainsi que les dimensions des parties principales des moteurs employés à l'exploitation de ces lignes. Nous devons ces renseignements à l'obligeance de M.^r Léon Say, administrateur du chemin de fer du Nord, dans une lettre adressée à M.^r Cottrau à l'égard de la ligne d'Enghien, et de M.^r Ruva, Directeur de l'exploitation dans les chemins de fer méridionaux italiens, à l'égard de la ligne S. Spirito-Starza.

Nous prions enfin le lecteur de vouloir bien prendre connaissance d'une petite brochure que nous avons publiée dernièrement dans le Journal scientifique *Il Politecnico* de Milan, et dans laquelle nous nous sommes occupés exclusivement des deux systèmes-mixtes Larmanjat et Cottrau. On trouvera cette brochure à la suite de cette *Note*.

ALLEGATO XIII bis.

	Ligne Enghien-Montmorency		Ligne S. Spirito-Starza
	2 870 ^m 300 ^m 0 ^m ,045 1 037 ^m ,		2,145 ^m 140 ^m 0 ^m ,039 726 ^m
Longueur totale des lignes. . .			
Rayon minimum des courbes . .			
Pente maxima par mètre. . .			
Longueur de la pente maxima . .			
	Machines à 3 essieux couplés	Machines à 4 essieux couplés	Machines à 2 essieux couplés
Poids des machines vides . . .	24 ^r ,000	27 ^r ,000	25 ^r ,000
" " " pleines. . .	30 ^r ,300	36 ^r ,600	29 ^r ,500
Charge brute maxima traînée . .	40 ^r	60 ^r	28 ^r à 35 ^r
" " en unités du moteur. . .	1,33	1,66	1,00-1,25
Poids de la machine réparti par es-			
sieux : 1. ^{er} ess. . .	10 ^r ,500	9 ^r ,100	14 ^r ,250
" " 2. ^e " . . .	10 ^r ,400	9 ^r ,250	14 ^r ,250
" " 3. ^e " . . .	9 ^r ,400	9 ^r ,250	"
" " 4. ^e " . . .	"	9 ^r ,000	"
Longueur de la grille . . .	0 ^m ,970	1 ^m ,480	1 ^m ,150
Largeur " . . .	0 ^m ,970	1 ^m ,250	1 ^m ,006
Diamètre de la chaudière . . .	1 ^m ,429	1 ^m ,1625	1 ^m ,17
Longueur " . . .	3 ^m ,150	3 ^m ,407	3 ^m ,600
Tubes {	nombre . . .	128	189
	longueur . . .	3 ^m ,200	3 ^m ,457
	diamètre extérieur . . .	0 ^m ,050	0 ^m ,040
Diamètre des pistons . . .	0 ^m ,40	0 ^m ,48	0 ^m ,40
Course " . . .	0 ^m ,46	0 ^m ,48	0 ^m ,50
Diamètre des roues motrices . .	1 ^m ,065	1 ^m ,065	1 ^m ,15

ALLEGATO XIV.

Dei sistemi ferroviarii economici Larmanjat e Gottrau
per l'ing. Fr. C. Paolo Boubée

(Estratto da un lavoro ancora inedito del medesimo autore)

Nel momento in cui lo spirito pubblico in Italia è tutto intento alla quistione delle comunicazioni stradali, da impiantarsi dovunque il bisogno maggiormente si manifesti, ed alla quistione non meno vitale delle ferrovie principali e delle ferrovie d'interesse locale, diventate oggimai tanto indispensabili quanto le strade rotabili, crediamo fare cosa utilissima col richiamare l'attenzione sui soli sistemi di ferrovie economiche fra i quali può pendere dubbiosa la scelta di chi all'impianto di una linea d'interesse locale volge ogni suo studio.

Ne piace a tutta prima il ricordare quanto venne da noi stesso dichiarato, in un opuscolo pubblicato lo scorso anno nella Raccolta della *Scienza del Popolo* dell'egregio editore E. Treves, cioè che la ricchezza, l'avvenire del nostro bel paese, risiedono, almeno per i $\frac{2}{3}$, nel grande sviluppo delle linee di 3° ordine, ossia nelle ferrovie d'interesse locale; dovendosi intendere per tali linee quelle che saranno impiantate ed esercitate dall'iniziativa privata, a mezzo di società private, con capitali privati, col solo concorso dei proprietari, dei capitalisti e degl'industrianti delle località interessate, e tutto al più con un piccolo sussidio della Provincia, ma senza alcuna sovvenzione governativa.

Tali essendo dunque i concetti che devono precedere lo studio di qualunque linea del 3° ordine, ben a ragione queste ferrovie ricevono l'epiteto di *economiche*, giacchè la massima economia nelle spese di costruzione e quella nelle spese di esercizio diventano le condizioni indispensabili per il possibile loro impianto.

È nostro debito il ricordare altresì che fra i molti sistemi economici proposti per le linee del 3° ordine, sia all'estero, come in Italia, e finora solamente applicati all'estero — avvegna-

chè il nostro paese è sventuratamente sempre restio od ultimo ad accettare i progressi delle arti e delle scienze — il solo che venne riconosciuto da tutti gl'ingegneri italiani, come quello che maggiormente raggiunge lo scopo economico di sopra accennato, e che al tempo stesso arreca i maggiori vantaggi, è il sistema privilegiato dell'Ing. Cav. Alfredo Cottrau. Non pertanto, ed a cagione delle speciali circostanze politiche e finanziarie in cui vertevamo, e forse anche per la naturale diffidenza che inspira in sul principio ogni novella invenzione (massime quando questa si appalesa semplicissima), da 4 anni che il sistema Cottrau è stato formulato e proposto, non ancora venne esso applicato. Ma il *principio* sul quale fondasi il sistema Cottrau ha ricevuto da due anni numerose applicazioni, ed ha dato luminosi risultati sulle linee Le Raincy-Montfermeil ed Aillant-Joigny, in Francia, e Lisbona-Torrevedras, in Portogallo, ferrovie costrutte dal sig. Larmanjat, il quale modificando alcuni dettagli del sistema Cottrau, concretò un nuovo sistema di locomozione che porta il suo nome (Larmanjat), e che sembra volersi da alcuni introdurre in Italia.

Egli è quindi importante, forse anche urgente, di porre in chiaro le prerogative dei due sistemi in parola; del che convinto, mi sono deciso a staccare dal nuovo lavoro da me intrapreso *Trattato completo delle ferrovie economiche*, lavoro che per la vastità dell'argomento non per anco mi venne fatto di ultimare, il capitolo che ha per iscopo il parallelo tra i sistemi Larmanjat e Cottrau, sicuro che il lettore vorrà essermi largo della sua indulgenza per le naturali lacune che ivi potrà incontrare.

Il parallelo fra due sistemi può farsi utilmente solo quando questi si fondano sul medesimo principio scientifico, e divergono intanto fra loro nell'applicazione. Dall'esame comparativo de' due sistemi posti in queste condizioni, deve forzatamente seguirne chiara l'entità del principio, non solo, ma eziandio quale sia la migliore esplicazione di esso.

Ciò posto, ed essendo nostro precipuo scopo quello di comprovare la superiorità del sistema di locomozione-mista analizzato nel precedente capitolo, e che altro non è se non il sistema Cottrau, potremmo paragonare utilmente i risultati economici di esso con quelli ottenuti mediante tutti gli altri si-

stemi di ferrovie economiche; ma il parallelo che maggior profitto deve arrecarci è quello che stabiliremo fra il detto sistema e l'altro del sig. Larmanjat, il quale sul medesimo principio poggia la sua esistenza. D'altronde lo studio analitico delle ferrovie economiche in generale avendoci fatto abbastanza noto quale sia il principio che servir deve di base all'impianto ed all'esercizio, in un modo veramente economico, delle linee d'interesse locale, ci resta solo a mostrare come il Cottrau abbia saputo, a preferenza del sig. Larmanjat, giovare del detto principio, studiarlo fino nelle sue ultime conseguenze, ed applicarlo nel suo sistema di locomozione-mista.

Ricorderemo che il Larmanjat possiede già in esercizio tre linee economiche; laonde le nostre deduzioni relative a' risultati che col medesimo sistema si ottengono avranno un gran peso, perchè convalidate dall'esperienza la quale è per sua natura incontrastabile. Noteremo altresì logicamente che i due sistemi in parola, essendo fondati sul medesimo principio scientifico, altro non sono che una sola ed identica cosa, e quindi ancora che se l'uno, comechè applicato, ha dato buoni risultati, *a fortiori* dovrà conchiudersi che se l'altro offre migliori condizioni tecniche ed economiche per la pratica esecuzione, i suoi risultamenti dovranno averarsi di molto superiori a' primi.

Non ostante quest'ultima osservazione, continuerò per maggior chiarezza a dare il nome di *sistema* a ciascuna delle mentovate applicazioni.

Il principio fondamentale che informò i detti sistemi di locomozione è il seguente: l'aderenza fra il cerchione delle ruote di un veicolo ed il terreno battuto, cioè fra il terreno ed una superficie in ferro, è di molto superiore, almeno 6 volte, all'aderenza che si sviluppa fra le medesime ruote e la rotaia, cioè fra due superficie in ferro ¹⁾.

¹⁾ L'aderenza è una forza occulta la cui natura e le cui leggi sfuggono completamente alle investigazioni teoriche. Essa infatti è una funzione diretta del *peso aderente*, cioè del peso che gravita sul punto nel quale si sviluppa l'aderenza. Essa dipende essenzialmente dalla natura delle superficie in contatto, dalla materia di cui i corpi ai quali queste superficie appartengono sono formati, e quindi dal coefficiente di *adesione* delle medesime superficie; essa ha inoltre intima relazione coll'*attrito*, giacchè questo si genera nel punto stesso contemporaneamente all'aderenza; e finalmente è anche funzione della velocità con cui una

Questa verità, che a tutta prima sembra doversi ritenere come un assioma, è degna non pertanto di un accurato studio, se non altro per determinare i limiti del valore del coefficiente di aderenza. Ma senza entrare in lunghe e delicate considerazioni scientifiche, potremo facilmente apprezzare con sufficiente approssimazione la forza di aderenza osservando quanto segue:

Se una ruota è posta in contatto con una superficie piana qualunque, e viene sollecitata al moto da una forza esterna al piano, essa ruota potrà scivolare sul piano senza girare sul proprio asse, o potrà rotolare sul piano senza strisciamento. Ne' due casi quella forza che si sviluppa nel punto di contatto della ruota e del piano, e che impedisce alla ruota di muoversi in un modo opposto a quello per cui la forza agente era diretta, chiamasi forza di aderenza. Da ciò si vede che l'aderenza cambia il punto di contatto delle due superficie in un vero punto di appoggio, e che la potenza del motore e la resistenza della carica, che agiscono direttamente sul punto d'appoggio, formano un sistema che per ogni dt di tempo è una leva di 1.^o genere prossima al moto. Laonde è chiaro che l'intensità dell'aderenza deve essere direttamente proporzionale alle resi-

delle superficie si muove in contatto dell'altra. Egli è oltremodo difficile quindi il trovare una formola che possa valutare esattamente la forza di aderenza, e, cosa molto strana, egli è anche più difficile il poterne dare una definizione adeguata.

Nel citato lavoro *Trattato completo delle ferrovie economiche* da me intrapreso, ho consacrato su questo importante argomento un lungo capitolo speciale. In esso ho cercato di raccogliere tutte le opinioni finora emesse in proposito; di dedurne le coincidenze e le contraddizioni; di esporre tutti i risultati delle esperienze già eseguite all'oggetto di valutare la detta forza; di esprimere algebricamente le relazioni esistenti fra i diversi elementi che concorrono allo sviluppo dell'aderenza, deducendole da' pratici risultati accennati; in somma di formulare i giusti criteri che debbonsi tenere presenti nel calcolo di questa forza in relazione alla potenza de' motori ed alla resistenza della carica. Tale capitolo tornerebbe al corto di gran giovamento al mio quesito, e sarei stato disposto a riportarlo qui per intero; ma la sua lunghezza, e le numerose considerazioni puramente matematiche in esse contenute, mi han fatto desistere dal pensiero di pubblicarlo; tanto più che crediamo un tale studio di poca importanza nel parallelo da noi stabilito fra i sistemi Larmannet e Cottrau, laddove non mettasi in dubbio l'assiomatica verità del principio fondamentale invocato da questi sig. Ingegneri.

stenze vinte dalla forza agente del motore. Ora le resistenze alla trazione di un convoglio, comprendendo la somma degli attriti degli assi delle ruote ne' loro cuscinetti, e quella delle forze di aderenza sviluppate ne' diversi punti di contatto delle medesime ruote colla superficie sulla quale esse rotolano, e potendosi la prima somma trascurare di fronte alla seconda, così potremo ritenere sensibilmente l'aderenza sviluppata dal motore essere uguale alla somma delle aderenze della carica. Dal fatto che un medesimo motore, posto nelle identiche condizioni, utilizzando cioè tutta la sua potenza, trascina sulle rotaie un peso 8 volte maggiore che non sul terreno battuto, deve arguirsi che la resistenza alla trazione sul terreno battuto, ossia l'aderenza generata dalla carica tra una superficie in ferro ed il terreno, è 8 volte maggiore di quella manifestata dal medesimo peso al contatto di due superficie in ferro; e però, se per una tonnellata trascinata sulle rotaie abbisogna una forza di 5 chilog., per una tonnellata trascinata sul terreno battuto abbisogneranno 40 chilog. (D'altronde se ciò non fosse assiomaticamente vero, non si sarebbero mai sostituite le strade ferrate alle strade rotabili ordinarie ¹).

Dagli esperimenti eseguiti da Sigg. Boulard, Ruhmford, Régnier ecc. consegnati nel quadro seguente, ricavato dal *Carnet des Ingénieurs* (11.^a edizione di Jules Baudry, Paris, Librairie Lacroix et Baudry, 1860, pag. 112), e secondo Morin, lezioni di meccanica e « *Aide-mémoire* »

¹, Questo rapporto 5:40, ovvero 1:8, è stabilito pel caso delle vie orizzontali; sulle pendenze esso deve necessariamente scemare, e tanto più per quanto più forte è la pendenza. Di vero, sulle pendenze, l'aumento di resistenza alla trazione deriva dalla componente del peso della carica parallela al piano stradale, e tale componente è costante, sia la strada armata con rotaie o pur no, ed è sensibilmente eguale ad 1 chilogrammo per ogni tonnellata di carica e per ogni millesimo di pendenza, come risulta dalle esperienze fatte dalla Compagnia delle ferrovie dell'Est, in Francia. Ad esempio, sulla pendenza del 45‰, per rimorchiare una tonnellata, abbisognerà uno sforzo di trazione di 50 chilogrammi, se la strada è armata con rotaie, e di 85 chilogrammi, se la strada è una carrettiera ordinaria; ed il rapporto fra questi sforzi di trazione sarà 50:85, ovvero 10:17 od anche 1: 1,70.

**QUADRO de' rapporti tra lo sforzo di trazione su diverse strade
e la carica totale trascinata (carro compreso).**

NATURA DELLA VIA SUPPOSTA ORIZZONTALE	RAPPORTO tra lo sforzo di trazione e la carica totale
Terreno naturale non battuto ed argilloso, ma secco.	0,250
Terreno naturale silicioso e gessoso . .	0,165
Terreno fermo, battuto e molto compatto	0,040
Strada con sabbia o pietrisco nuovamente costruita.	0,125
Strada inghiaiaata allo stato di ordinaria manutenzione.	0,080
Strada inghiaiaata <i>perfettamente</i> mantenuta	0,033
Strade ferrate a guide salienti (rotaie) in buono stato di manutenzione . . .	0,007
Strade ferrate a guide salienti (rotaie) <i>perfettamente</i> mantenute	0,005

ne deduciamo che le quantità di aderenza sviluppate tra due
superficie in ferro, e quelle che si manifestano tra una super-
ficie in ferro ed il terreno battuto, stanno sensibilmente fra
loro come

5: 33 o 80 o 125 ecc.

oppure come

7: 33 o 80 o 125 ecc.;

e se aggiungiamo a questi risultati i rapporti seguenti, dati nel
caso del ferro e del terreno in ottimo stato di manutenzione,

secondo il Poncelet ¹⁾ 5: 30

¹⁾ Vedi *Introduction à la Mécanique* del Poncelet.

secondo l'ing. Moreno ¹⁾		5: 35
” l'Ispettore Belgrand ²⁾		5: 50
” Larmanjat ³⁾		5: 60
” Cottrau		5: 42
” Aveling e Porter ⁴⁾		5: 40
” Thompson ⁵⁾		5: 45
” Albaret ⁶⁾		5: 33

potremo ritenere come rapporto approssimativo la media aritmetica degli anzidetti rapporti, cioè quello di 5: 40 ovvero di 1: 8.

Ed ora, tralasciando tutte le altre importanti considerazioni che furono da me raggruppate nel capitolo speciale sull'aderenza, dirò brevemente de' due sistemi Larmanjat e Cottrau.

Il sistema Larmanjat consiste in una piccola rotaia *Vignolle* del peso di 13 chilog. a metro corrente, situata a livello della strada carrettiera e lateralmente a questa; sulla rotaia poggia una parte della carica del convoglio, mediante delle ruote *a gola*, mentre le ruote motrici della locomotiva e tutte le altre ruote del materiale mobile poggiano sul terreno battuto dai due lati della rotaia.

Il sistema Cottrau si compone invece di due rotaie *Vignolle* leggerissime (del peso di 12 chilog. $\frac{1}{2}$ al metro corrente ognuna) allo scartamento variabile da 1^m a 1^m, 50 (che è la larghezza normale del binario nelle ferrovie ordinarie), e sulle quali rotaie poggiano tutte le ruote del convoglio, ad eccezione delle sole due ruote motrici della locomotiva le quali poggiano sul terreno battuto compreso fra le rotaie.

Questi sistemi sono la conseguenza inevitabile del principio fondamentale che loro serve di base. Di vero, sulle ferrovie veramente economiche si debbono ammettere pendenze esagerate e curve di piccolo raggio, queste linee per lo più dovendo essere tracciate in paesi di montagna; in tal caso le nostre lo-

¹⁾ Vedi Rapporto dell'Ing. Moreno al Commendatore Bona sulla ferrovia economica *Le Raincy-Montfermeil*.

²⁾ Vedi Allegato XV.

³⁾ Vedi Allegato XV ed il citato *Rapporto* dell'Ing. Moreno.

⁴⁾ Vedi Annuario Scientifico di Milano, 1868.

⁵⁾ ” ” 1869.

⁶⁾ ” ” 1868 e 1869.

comotive ordinarie non possono sviluppare una quantità sufficiente di aderenza utile al contatto delle rotaie, cioè al contatto di due superficie di ferro ¹⁾); d'onde ne emerge la idea di cambiare la natura dell'aderenza sostituendo il terreno alla rotaia al contatto delle ruote motrici; e nel contempo si scorge la necessità di diminuire, per quanto è possibile, la resistenza alla trazione prodotta dall'aderenza della carica, e ciò, lasciando la rotaia al contatto delle ruote del convoglio. Senonchè il Larmanjat non avendo che una sola rotaia, e per l'equilibrio stabile de' veicoli avendo bisogno di far poggiare la metà delle ruote del convoglio sul terreno, deve contentare di far gravitare la massima parte del peso lordo della carica sulla rotaia, e lasciare che una frazione di essa carica poggi anche sul terreno.

Il problema importante che presentavasi al Larmanjat venne da lui risoluto col dare ad ogni veicolo 10 molle, e tali che, sulle rampe, si abbassano le ruote a gola e si rialzano quelle laterali, e sulle pendenze rialzandosi inversamente le ruote a gola e calando quelle laterali. Quale delicatezza di molle e di tensione non si richiede per raggiungere un tale scopo? Il Larmanjat pretende che il solo fatto della soverchia rigidità delle molle poste al disotto dei veicoli, produce la scomposizione del peso lordo di essi in modo che la massima parte della carica graviti sulle ruote a gola; sia pur vero questo fatto, deve anche ammettere che la carica essendo ugualmente distribuita nella gabbia del vagone, le ruote laterali dovranno trovarsi alquanto rialzate o almeno dovranno sfiorare il terreno, il che non può avvenire se non si diminuisce meccanicamente la differenza di livello tra la faccia superiore della rotaia ed il piano tangente al cerchione delle ruote laterali parallelo al piano stradale; giacchè altrimenti il peso verrebbe a ripartirsi uniformemente tanto sulle ruote a gola quanto su quelle laterali.

Il ritrovato del Larmanjat sarebbe ingegnosissimo se in pratica si ottenessero i medesimi risultati preveduti dalla teoria; osserviamo però ciò che accade realmente. Supponiamo la strada in rampa: le ruote a gola saranno abbassate e quelle laterali rialzate. Sebbene tali abbassamenti e rialzamenti delle ruote siano di quantità molto piccole, giacchè le ruote a gola non

¹⁾ Ciò che è pienamente dimostrato nel citato capitolo sull'aderenza.

possono abbandonare le rotaie, non potendosi altrimenti guidare il convoglio, pure essi debbono ammettersi tali da far sì che una gran parte della carica graviti sulle ruote a gola. Ma dicevamo che per l'equilibrio, è necessario che le ruote laterali tocchino il terreno: ora, chi non sa quali ineguaglianze offre il terreno nella sua superficie? e quindi quanto impossibile è il pretendere ad una differenza di livello *costante* fra la faccia superiore delle rotaie ed il terreno? Di vero, là dove il terreno sarà alquanto più rilevato dalle due parti della rotaia, la carica massima passerà sulle ruote laterali; e là dove il terreno è più basso, il massimo peso passerà sulla ruota laterale che più bassa si troverà. D'altronde, se la strada è in curva, è indispensabile per l'equilibrio che la carica graviti in parte sulla ruota che trovasi dallo stesso lato del centro della curva; imperocchè il centro di gravità del veicolo non andrà più a cadere sulla rotaia, ma bensì in un punto compreso fra la rotaia ed il centro della curva, punto che sarà tanto più discosto dalla rotaia per quanto più piccolo sarà il raggio della curva. Da ciò deducesi forzatamente che nelle curve il peso vien ripartito tra le due ruote a gola e quella laterale disposta verso il centro della curva, mentre l'ultima ruota, se tocca il terreno, porterà una piccolissima frazione del medesimo peso.

L'azione della forza centrifuga nelle curve di piccolo raggio può essere inoltre cagione di gravi pericoli col sistema ad una rotaia, come quello del rovesciamento del vagone, e però la velocità ottenuta dal Larmanjat è limitatissima e giunge appena a 10 chilometri all'ora ne' punti dove la via ha debolissime pendenze.

Osserviamo ancora che queste continue oscillazioni, queste continue scomposizioni del peso del convoglio sulle ruote a gola e sulle laterali, vanno a detrimento della sicurezza e della stabilità; e che ammettendo pure l'impossibilità del rovesciamento del veicolo nelle curve di piccolo raggio, debbonsi però produrre delle scosse tali da rendere scomodissimo il viaggiare per le persone, e mal sicura la distribuzione della merce nel vagone ¹⁾.

Ma quel che maggiormente appaleserà quanto grande sia la

¹⁾ Le persone che hanno percorso la linea del Larmanjat *Le Rainoy-Montfermeil* si sono tutte lagnate di queste scosse.

carica che gravita sulle ruote laterali, è il deterioramento delle strisce di terreno dove scorrono ad un tempo le ruote motrici della macchina e le dette ruote laterali de' vagoni. Le ruote motrici da se sole non produrrebbero alcun danno alla strada, atteso la grande larghezza del loro cerchione, e producendo per centimetro quadrato di superficie del terreno una pressione da 6 ad 8 volte minore di quella che esercitano sulle nostre strade i carretti ordinari; è quindi necessario, perchè la degradazione avvenga, che altre ruote passino sui medesimi punti, esercitandovi pressioni sufficientemente grandi. Ora col deterioramento del terreno verranno ad aumentarsi le scosse, il dissesto, e maggiormente la degradazione della via progredirà; laonde chiaro si vede che, colla disposizione data dal Larmanjat al materiale mobile, la differenza di livello fra la rotaia ed il terreno dovrà continuamente variare, e quindi che sempre una frazione molto grande della carica poggerà sulla coppia di ruote che si ritiene la meno caricata.

Questo fatto si manifestò talmente incontrastabile sulla linea *Le Raincy-Montfermeil*, che il Larmanjat si vide obbligato ad aggiungere, lateralmente alla sua rotaia e nelle parti in cui il terreno era più cedevole, due file di lungarine in legno. In quei punti diventò sensibilissima la diminuzione di resistenza del convoglio alla trazione; senonchè si manifestarono nuovi inconvenienti: l'aderenza del motore diminuiva d'intensità e le spese d'armamento aumentavano.

Il sistema Larmanjat coll'aggiunzione delle lungarine diventa un sistema di locomozione intermedio fra quello delle ferrovie ordinarie e quello del sistema Cottrau.

L'egregio Ing. Moreno, nel suo rapporto diretto al Comm. Bona, Direttore delle ferrovie Meridionali, sul sistema Larmanjat dichiara, dietro le numerose osservazioni da lui fatte *de visu* sulla citata linea *Le Raincy-Montfermeil*, che almeno il 30 % del peso del convoglio agisce sulle ruote laterali; ma dietro le precedenti nostre considerazioni, crediamo potere asserire essere tale rapporto inferiore al vero. E sia anche $\frac{1}{4}$ o soltanto $\frac{1}{8}$ il peso che gravita sulle ruote laterali, non è men vero che tale disposizione aumenta considerevolmente la resistenza del convoglio alla trazione.

Nel sistema a due rotaie del Cottrau siamo al contrario sempre certi che la carica è ugualmente distribuita su tutte le

ruote de'veicoli, che non vi saranno a temere scosse di sorta, quindi ancora meno rovesciamenti di vagoni, e quel che è più, non si potrà averare alcuna degradazione del terreno, giacchè le sole due ruote motrici della macchina (ruote che sono larghissime e molto più di quelle adottate dal Larmanjat) poggeranno sul detto terreno.

Al punto di vista economico, è da tener presente che l'impiego di una sola rotaia obbliga a dannosi trabalzi della merce, il che non succede col sistema Cottrau dove il binario, potendo conservare la larghezza normale delle grandi ferrovie, permette ai vagoni di passare dalle diramazioni sulla linea principale e viceversa. Egli è vero che il Larmanjat ha dichiarato voler proporre il suo sistema solo per quelle località dove il traffico non era sufficiente ad alimentare una ferrovia ordinaria, cioè dove il traffico fosse interamente locale; non crediamo allora possibile di adottare un tal sistema come tipo delle nostre ferrovie provinciali od economiche.

D'altronde continuiamo il nostro parallelo e cerchiamo quali sono le condizioni della trazione ne'due sistemi.

Abbiamo dimostrato (cap. dell'aderenza) che la resistenza alla trazione sul terreno ordinario è maggiore di quella sulle rotaie, laonde è chiaro che queste resistenze pel sig. Larmanjat saranno sempre superiori a quelle che si manifesteranno pel sig. Cottrau.

Determiniamo con numeri questa differenza. A ciò fare supporremo un convoglio del peso lordo di 20 tonnellate, da rimorchiarci con un metodo e coll'altro. Col sistema Cottrau è evidente che la quantità di resistenza alla trazione sarà data dal prodotto di 20 tonnellate per il coefficiente di aderenza del ferro sul ferro dato pure in tonnellate: mentre col sistema Larmanjat dovremo sommare le quantità di aderenze risultanti dalle coppie di ruote poggianti sulla rotaia e da quelle che poggiano sul terreno. Fa duopo dunque stabilire prima le quantità di carica che gravitano sulle due specie di ruote. Ammetteremo le nostre 3 ipotesi, cioè che $\frac{1}{3}$ o $\frac{1}{4}$ o $\frac{1}{5}$ del peso totale agiscano sulle ruote a gola, sicchè soltanto $\frac{2}{3}$ o $\frac{3}{4}$ o $\frac{4}{5}$ del medesimo peso agirà sulle ruote laterali. Ciò posto, e ritenendo pel coefficiente di aderenza del ferro 5 chilogrammi, e pel coefficiente di aderenza del ferro sul terreno 60 chilogrammi, numero dato dal sig. Larmanjat, potremo stabilire il quadro seguente:

Resistenze alla trazione, espresse in chilogrammi, per un convoglio del peso lordo di 20 tonnellate.

	Orizzontale	P E N D E N Z E								
		0,010	0,020	0,030	0,040	0,050	0,060	0,070	0,072	0,080
<i>Cottrau</i>	100	297	499	696	895	1094	1292	1490	1529	1687
<i>Larmanjat. . .</i>										
Ipotesi de' $\frac{2}{3}$ sopra ruote a gola	466	659	859	1052	1247	1442	1636	1831	1869	2024
Ipotesi de' $\frac{2}{4}$	375	569	769	963	1159	1330	1550	1745	1784	1940
» $\frac{1}{3}$	320	515	715	909	1106	1303	1499	1694	1733	1889
									(1)	

(1) Questa pendenza incontrasi sulla linea Le Raincy-Montfermeil del Larmanjat.

Differenze fra le quantità precedenti, tradotte in tonnellate di carica che il Cottrau trascinerebbe in più col medesimo sforzo di trazione.

	Orizzontale	P E N D E N Z E								
		0,010	0,020	0,030	0,040	0,050	0,060	0,070	0,072	0,080
Ipotesi de' $\frac{2}{3}$.	73,33	24,47	14,40	10,20	7,87	6,33	5,33	4,60	»	4 —
» $\frac{2}{4}$.	55 —	18,35	10,80	7,65	5,90	4,75	4 —	3,45	»	3 —
» $\frac{1}{3}$.	44 —	14,68	8,64	6,12	14,72	3,80	3,20	2,76	»	2,40
Medesime differenze supponendo uguale a 100 la carica trascinata dal Larmanjat	367	122	72	51	39	32	27	23	»	20
	275	92	54	38	29	24	20	17	»	15
	220	73	43	31	24	19	16	14	»	12

Se il Cottrau invece di trascinare realmente le tonnellate in più che consentirebbe lo sforzo di trazione, come dal quadro precedente, si accontentasse di trascinare le sole 20 tonnellate, otterrebbe nelle spese di trazione una economia sensibile, come si rileva dal quadro seguente, ritenendo eguale a 100 le spese necessarie al Larmanjat per rimorchiare il medesimo peso.

	Orizzontale	P E N D E N Z E							
		0,010	0,020	0,030	0,040	0,050	0,060	0,070	0,080
Ipotesi de' $\frac{2}{3}$.	78,6 %	55 -	41,9	33,8	28,1	24,3	21,3	18,8	16,7
» $\frac{3}{4}$.	73,4 »	47,9	35,1	27,5	22,5	19,4	16,7	14,6	13,1
» $\frac{4}{5}$.	68,8 »	42,2	30,1	22,9	19,4	16 -	13,8	12,8	10,8

Supponendo ancora che tutta la potenza del motore venga utilizzata dal Larmanjat nel trascinare le 20 tonnellate, e che il Cottrau trascinando il medesimo peso voglia utilizzare anche tutta la potenza della sua macchina, si otterrà per quest'ultima un aumento di velocità che può facilmente calcolarsi. Infatti, chiamando A la pressione totale in chilogrammi sullo stantuffo, e v la velocità media ottenuta dal Larmanjat, il lavoro motore sarà espresso da $A v$. Ora il Cottrau cambiando A in $\frac{21,4}{100} A$, $\frac{45}{100} A$, ecc. '), e volendo che il lavoro motore sia sempre eguale ad $A v$, chiamando v' , v'' , v''' , le velocità che otterrà il Cottrau, si avranno le equazioni

$$\frac{21,4}{100} A v' = A v$$

$$\frac{45}{100} A v'' = A v$$

. . . . ecc.

*) I numeratori 21,4, 45, ecc. sono i complementi de' numeri

dalle quali si potranno ricavare i valori di v' , v'' in funzione di v .

Sopprimendo il fattore comune A, e ponendo $v = 3^m$ per secondo (ciò che il Larmanjat ottiene realmente in pratica), avremo

$$v' = \frac{300}{21,4}$$

$$v'' = \frac{300}{45}$$

. . ecc. . .

coi quali valori stabiliremo il quadro seguente delle velocità per 1" che potrà sviluppare il Cottrau trascinando solo 20 tonnellate.

	Orizzontale	P E N D E N Z E							
		0,010	0,020	0,030	0,040	0,050	0,060	0,070	0,080
Ipotesi de' $\frac{2}{3}$. . .	m. 14,00	6,60	5,30	4,50	4,20	3,90	3,80	3,65	3,60
" $\frac{3}{4}$. . .	11,20	5,70	4,60	4,10	3,80	3,70	3,60	3,50	3,40
" $\frac{4}{5}$. . .	9,60	5,20	4,30	3,90	3,70	3,50	3,40	3,35	3,30
Medesime velocità ponendo uguale a 100 quella ottenuta in media dal Larmanjat	466	220	176	150	140	130	126	122	120
	373	190	153	136	126	123	120	116	113
	320	176	143	130	123	116	113	111	110
ovvero aumento di velocità pel Cottrau essendo 100 quella del Larmanjat	366 %	120	76	50	40	30	26	22	20
	273	90	53	36	26	23	20	16	13
	220	76	43	30	23	16	13	11	10

contenuti nel quadro precedente, ossia rappresentano le quantità per 100 della forza motrice spese dal Cottrau per trascinare sulle rotaie le 20 tonnellate.

Si noti che tutti i risultati contenuti ne' precedenti quadri sono di molto al disotto del vero, l'esperienza avendo consacrato pel sig. Larmanjat degli effetti utili più sfavorevoli. E di vero, le resistenze alla trazione col sistema ad una rotaia sono maggiori di quelle date dalla teoria, producendosi in ogni circostanza attriti potentissimi e resistenze passive che assorbono una gran parte del lavoro motore.

Riepilogando quanto venne esposto finora, possiamo concludere che col sistema Cottrau :

1.° L'armamento è tanto costoso quanto quello del Larmanjat, ed in alcuni casi lo è alquanto meno ;

2.° La manutenzione della via riducesi a quella facilissima e poco dispendiosa di una zona di solo 1^m, 50 di larghezza ;

3.° La sicurezza e la stabilità sono equivalenti a quelle delle grandi linee, e quindi superiori a quelle del Larmanjat ;

4.° Con un medesimo sforzo di trazione si trascinano carichi maggiori ;

5.° Si ottiene una velocità più grande che col sistema ad una rotaia ;

6.° Le spese di trazione sono inferiori a quelle del Larmanjat ;

7.° Si evitano i *trasbordi* delle merci ;

8.° Insomma il Cottrau aggiunge a tutti i vantaggi del sistema Larmanjat quelli della economia e della maggior velocità, partecipando eziandio alle principali prerogative delle ferrovie ordinarie.

A completare il nostro parallelo dobbiamo fermarci a parlare del motore. Ma, a tutta prima, ci accorgiamo che una simile analisi può sembrare oziosa ed infondata, atteso che i motori sono sempre suscettibili di perfezionamento, e quindi che se l'uno, ne' due sistemi, trovasi in condizione inferiore all'altro, deve ammettere logicamente che tale inferiorità potrà sempre sparire. Adunque dovrebbe bastarci il dire, che le locomotive stradali adottate dal Larmanjat e dal Cottrau poggiano entrambe sul terreno battuto, e che la rotaia non serve loro che a guidarle nella via da percorrersi.

È importante però l'osservare che tali motori debbono per loro natura sostenere alte pressioni del vapore, e che a superare le pendenze del 6, 7 e dell'8 per $\frac{1}{100}$, con una medesima

carica, è necessaria una pressione non inferiore a 7 ed anche 8 atmosferi. Tale necessità ha fatto dare alla macchina congegnata dal Cottrau delle disposizioni speciali che vorremmo vedere adottate dal Larmanjat e da altri.

La caldaia del motore Cottrau è del sistema Belville; essa appartiene quindi alla famiglia delle caldaie a vaporizzazione rapida. La pressione può elevarsi in questa a 12 atmosferi senza alcun pericolo di scoppio, ed in brevissimo tempo. La bella applicazione fatta, or sono pochi mesi in Prussia, delle caldaie Belville alle pompe ad incendio mosse dal vapore, deve togliere ogni dubbio sulla loro efficacia, non solo, ma ancora sulla potenza straordinaria de' motori che ne sono provveduti. A Berlino volle farsi un'ultima e definitiva esperienza sulle citate pompe ad incendio. E però la Commissione, all'insaputa di tutti, diede una sera l'allarme ai diversi posti dei pompieri della città, mercè la rottura di un bottone in vetro posto sul canto di una via e che telegraficamente dava il segnale. Dieci minuti dopo, tutte le pompe ad incendio erano riunite sul luogo dove stavasi la Commissione, e questa poté osservare che la pressione nelle caldaie Belville segnava non meno di 8 atmosferi. La caldaia delle locomotive ordinarie non potrebbe in alcun caso raggiungere sì bello risultato.

Una vaporizzazione così rapida nelle caldaie Belville permette altresì di credere possibile il mantenervi una *pressione costante* benchè elevata; e non potrà quindi avverarsi col Cottrau quanto venne constatato pel motore Larmanjat, nel percorrere la linea « Le Raincy-Montfermeil », cioè che sulla lunghezza di un chilometro, colla pendenza massima del 7 per %, con una carica di sole 6^T, 3, la pressione del vapore si abbassava da 7 a 4 atmosferi, la velocità essendo alquanto inferiore a 7 chilom. all'ora.

Un'altra bella disposizione data dal Cottrau al suo motore, è quella che permette di portare seco (senza tender) una sufficiente quantità di acqua per l'alimentazione, questa venendo eseguita mediante due iniettori Giffard. Con tal mezzo si possono percorrere all'incirca 20 chilom. senza essere obbligati a fermarsi per rifornirsi di acqua; e notisi che il motore Cottrau ha una pressione effettiva e costante di 8 atmosferi.

In quanto alle ruote motrici della locomotiva, che devono sviluppare in ogni circostanza un'aderenza utile capace di vin-

cere la resistenza totale alla trazione, il Cottrau adotta dei cerchioni in caoutchouc dello spessore di 0^m, 12, aggiustato allo stesso modo che nelle locomotive stradali di Thompson (di Leith, Inghilterra), cioè fissando il caoutchouc alle ruote mediante delle piastrine in ferro parallele all'asse delle ruote e larghe pochi centimetri, e discoste fra loro di 10 centimetri al più. I vantaggi che con simile disposizione si ricavano sono i seguenti: Di avere sempre un'aderenza sufficiente, qualunque sia lo stato del terreno, cioè secco, umido, bagnato, coperto di uno strato di neve o di ghiaccio, in buono o in cattivo stato di manutenzione ecc.; di presentare una più grande superficie di contatto, per modo che il terreno soffrirà una pressione minore per centimetro quadrato, e le degradazioni diventeranno impossibili; l'elasticità del caoutchouc, aiutata dalla rigidità delle laminette in ferro, andrà in favore della trazione sulle rampe ed in favore della resistenza sulle pendenze, giacchè 3 almeno delle laminette poggeranno sul terreno. È utile ricordare qui in appoggio alle precedenti considerazioni le esperienze eseguite dal Thompson ad Edimburgo, esperienze già citate nel precedente nostro opuscolo *Sulle ferrovie economiche*. Le macchine stradali del Thompson, le cui ruote motrici sono ricoperte di caoutchouc, come venne ora descritto, superarono la pendenza esagerata del 13 per % sopra di una via interamente lastricata e coperta da un leggiero strato di ghiaccio, senza che la locomotiva scivolasse una sola volta, sia nel salire quanto nel discendere.

Il motore Larmanjat porta dinanzi una ruota a gola che abbraccia la rotaia e che è mobile intorno ad un asse verticale, affine di permettere alle macchine il passaggio nelle piccole curve. Evidentemente per far avanzare questa ruota la macchina deve spingere e non tirare; quali attriti nocivi non debbono svilupparsi fra la rotaia e la ruota che debbono costringere la macchina a ripiegarsi secondo la curva? e quali altri attriti potenti non si produrranno fra le ruote motrici ed il terreno? Nel sistema a due rotaie la disposizione risulta più vantaggiosa: le due ruote verticali che poggiano sul binario, e che sono girevoli intorno ad un asse verticale, sono situate dietro le ruote motrici, perlocchè la macchina tira invece di spingere, e sebbene questa tirasse anche nel senso della tangente alla curva, pure non potranno prodursi quegli attriti nocivi che si

verificavano nel caso di una rotaia. E di vero, innanzi ed indietro alle ruote motrici, vi è una coppia di piccole ruote inclinate (chiamate dai francesi *galets directeurs*), le quali assicurano il cammino del motore nella curva; oltre a che, a simiglianza delle ferrovie ordinarie, potrà allargarsi il binario convenevolmente nelle curve e rialzare alquanto la rotaia esterna, affinchè la macchina ed il convoglio, mercè il beneficio della conicità delle ruote, potessero svilupparsi sulla curva al pari di un cono retto avente per vertice il centro di essa curva. Così saranno realmente eliminati gli attriti nocivi, e la macchina da se medesima tenderà a percorrere la curva invece della tangente.

E qui facciamo sosta alla disamina de' motori Larmanjat e Cottrau, persuasi che questa nostra analisi non ha potuto alterare il benchè minimo risultato del parallelo stabilito fra i due sistemi; ma persuasi ancora di avere dimostrato che il Cottrau ha spinto lo studio del suo sistema di ferrovie economiche fino a' più piccoli dettagli del motore, il quale nel fatto è la base di ogni sistema ferroviario.

(Estratto dal *Politecnico* — *Giorn. dell' Ing. Arch. Civ. ed Industr.*, anno XVIII).

ALLEGATO XV.

(Estratto dal Journal Officiel de l'Empire Français, 5 Octobre 1869)

Rapport de la Commission présidée par M. Belgrand, inspecteur général des ponts et chaussées, ingénieur en chef des eaux de la ville de Paris, etc.

Le 19 juin 1869, M. Larmanjat a adressé au ministre des travaux publics une demande à l'effet d'être autorisé à établir une ligne ferrée de son invention sur un des accotements de la route départementale n° 3, entre Aillant et la gare du chemin de fer de Lyon à Joigny.

A cette demande étaient jointes les pièces d'un avant-projet.

Ces pièces ont été transmises à M. le préfet de l'Yonne, le 26 juin suivant; elles ont été soumises d'abord aux ingénieurs du département, qui ont donné leur avis les 10 et 24 juillet dernier, et enfin au conseil général des ponts et chaussées; le ministre des travaux publics a fait connaître le résultat de cet examen dans une lettre en date du 20 août courant.

Avant d'examiner les pièces mentionnées ci-dessus, qui toutes sont au dossier, il nous paraît indispensable de donner une idée du système de voie ferrée de M. Larmanjat; nous ne voudrions pas fatiguer le conseil général par les détails d'une description technique; nous allons donc chercher à faire ressortir le plus simplement possible ce qu'il y a d'ingénieux dans cette invention.

Le roulage exige, à poids égal et sur un palier, une force de traction dix à douze fois plus grande sur une route que sur un chemin de fer, ce qui tient à ce que l'adhérence, le frottement produit au contact de la jante de la roue et de la voie par le poids de la voiture est dix fois plus grand au moins sur la route que sur la voie ferrée. Nous voyons tous les jours la démonstration de cette double proposition; nous savons que lorsqu'un convoi de chemin de fer s'arrête sur une pente de 5

à 6 millimètres par mètre, il faut serrer le frein, sans quoi le train se mettrait en mouvement par l'effet seul de la gravité.

Sur une route, c'est sur une pente dix fois plus grande, de cinq à six centimètres par mètre, que nous voyons le conducteur d'une voiture caler ses roues ou serrer le frein pour laisser souffler les chevaux; cette double expérience et une simple figure de géométrie et de statique démontrent que *l'effort de traction qui doit vaincre l'adhérence des roues sur la voie est dix fois plus grand au moins sur une route que sur un chemin de fer*, ce qui prouve, soit dit en passant, que les machines locomotives routières ont bien peu de chances de succès.

On sait encore que les machines locomotives doivent toute leur force à l'adhérence de la jante de la roue sur le rail; si l'on parvenait à supprimer cette adhérence, les roues motrices de la locomotive tourneraient sur elle-mêmes indéfiniment sans produire aucune force de traction. Il y aurait donc intérêt à augmenter autant que possible le frottement et l'adhérence des roues de la locomotive sur les rails, si les waggons qui viennent derrière ne subissaient le même frottement, ce qui augmenterait proportionnellement les frais de traction. On ne peut donc songer à augmenter le frottement des roues sur les rails, et c'est en augmentant démesurément le poids des locomotives qu'on parvient à produire assez d'adhérence de la roue motrice sur le rail pour mettre le convoi en mouvement.

Plus la pente du chemin de fer augmente, plus le poids de la locomotive doit être grand; pour franchir avec un très-petit convoi de marchandises la rampe de 20 millimètres qu'on admet sur les chemins de fer vicinaux, il faudra des machines très-lourdes et très-puissantes, c'est-à-dire de très-gros rails, un excellent ballast, de solides ouvrages d'art, en un mot tout autre chose que ce qui a été admis dans les projets dressés d'enthousiasme dans les premiers moments où il a été question de ces chemins de fer. Suivant nous, cette difficulté est telle qu'elle doit faire repousser la plupart des projets proposés dans notre département; on ne trouverait partout que mécompte et déception; puisqu'il est certain que pour rester dans les limites de dépenses possibles, il faut que les rails et le matériel roulant soient légers, et que cependant la limite supérieure de la pente soit très-élevée.

Il faudrait, pour établir les chemins de fer dans des condi-

tions pratiques, augmenter considérablement l'adhérence des roues motrices des locomotives pour franchir les fortes rampes avec des machines légères, et ne pas augmenter la résistance à la traction des voies ordinaires.

M. Larmanjat a résolu le difficile problème, et d'une manière aussi simple qu'économique. Il décuple au besoin l'adhérence des roues motrices de la locomotive en les faisant porter sur une chaussée empierrée ou une longrine en bois, et en même temps il réduit au minimum la résistance à la traction en faisant porter les autres roues de la locomotive et celles des waggon du convoi sur une voie ferrée. Avec une machine pesant cinq tonnes, il peut obtenir autant et plus d'adhérence qu'avec une des plus lourdes machines du chemin de fer de Lyon qui pèse quarante tonnes. Il peut franchir des rampes de trois à cinq centimètres par mètre en traînant outre le poids de la locomotive un poids brut de 15 tonnes, ce qui, suivant toutes prévisions, dépasse le poids du plus lourd convoi des chemins de fer vicinaux. Voici comment il arrive à ce résultat.

La voie ferrée se compose d'un seul rail bien léger, puisqu'il ne pèse que douze kil. soixante-dix par mètre courant.

La locomotive est à quatre roues. Deux sont placées l'une à l'avant, l'autre à l'arrière et portent sur le rail, ce sont les roues directrices; les deux autres sont dans la même section transversale et portent sur la terre. Ce sont les roues motrices.

Par un mécanisme aussi simple qu'ingénieux, le poids de l'appareil porte à volonté sur les roues directrices ou sur les roues motrices. Dans le premier cas, on a le minimum d'adhérence, celle nécessaire pour circuler sur palier; on obtient le maximum dans le second cas, lorsqu'il faut franchir les fortes rampes.

Les voitures du convoi ont également quatre roues, dont deux reposent sur le rail et deux sur la route, mais la disposition du ressort est telle que tout le poids porte sur la voie ferrée. La force de traction est donc très-sensiblement la même que sur un chemin de fer ordinaire.

Ainsi M. Larmanjat produit, avec de très-petites locomotives pesant, avec leur chargement, de 4 à 5 tonnes, une puissance suffisante pour franchir les rampes, non plus de 20, mais de 40 à 50 millimètres, avec un convoi de 15 à 20 tonnes; de plus les roues directrices ne portent que sur un seul rail et

sont montées sur un pivot; le convoi peut passer sur des courbes de 5 mètres de rayon, c'est-à-dire contourner le carrefour de deux routes qui se coupent à angle droit.

Si l'expérience ne fait pas ressortir quelque grave inconvénient pratique, on peut donc dire que cette invention conduit à la véritable solution des chemins de fer vicinaux.

M. Larmanjat a construit dans ce système, près de Paris, entre le Raincy et Montfermeil, sur une longueur de cinq kilomètres, un chemin de fer qui est en démonstration depuis un an environ, et franchit des rampes de 72 millimètres et des courbes de 5 mètres de rayon avec une locomotive de trois tonnes et deux waggon.

M. Duvergier, ingénieur en chef du département de Seine-et-Oise, a été chargé de visiter le chemin, et, d'après son rapport, le conseil général des ponts et chaussées a émis l'avis suivant :

« Le conseil, d'après les expériences faites, et sans se prononcer sur la valeur économique du système, estime qu'il n'y a pas lieu de mettre obstacle à de nouvelles applications, sous les conditions et réserves suivantes :

« Le rail central ne devra pas faire saillie sur le profil de la route, et la largeur de la route soumise à l'influence du train sera entretenue par le concessionnaire;

« Chaque demande d'application sera accompagnée d'un profil d'établissement avec cahier des charges et tarifs dans les formes usitées, et sera soumise après examen à une enquête, pour être statué ensuite comme il appartiendra. »

Le ministre a approuvé cet avis en conseil des ponts et chaussées, par décision du 22 mars 1869.

MM. les ingénieurs du département ont dressé le cahier des charges de la concession demandée conformément à la décision ministérielle précitée. Ils sont d'avis que M. Larmanjat soit autorisé à établir son chemin de fer entre Joigny et Aillant, sur la route n° 3, aux conditions suivantes :

Le rail sera posé au niveau de la route. Deux ponts du Tholon, qui ont seulement, le premier cinq mètres, le second six mètres de largeur entre les parapets, seront élargis des deux côtés de manière à leur conserver leur régularité. Dans la traverse de Senan, sur une longueur d'environ 600 mètres, le rail sera enchâssé dans le corps de la chaussée à 1 mètre 50 de la bordure du trottoir de droite.

Les ingénieurs considèrent d'ailleurs les tarifs comme très-modérés; ils proposent de fixer le cautionnement à 20,000 fr. Ils pensent que la durée de la concession ne devra être fixée qu'après l'enquête.

Le conseil général des ponts et chaussées a émis l'avis qu'il y a lieu :

« 1° De faire connaître à M. le préfet de l'Yonne que l'administration supérieure n'a pas d'objection à faire à ce qu'il soit donné suite à la demande du sieur Larmanjat, sous les conditions indiquées par MM. les ingénieurs.

« 2° De l'inviter en conséquence à placer le dossier sous les yeux du conseil général pour qu'il en délibère, et dans le cas où cette assemblée émettrait un avis favorable, à soumettre ensuite toutes les pièces de l'avant-projet à une enquête *de commodo et incommodo*, conformément aux prescriptions de la décision ministérielle du 23 mars dernier. »

Ces conclusions ont été approuvées par le Ministre au premier abord.

Le rôle de votre commission paraît bien simple en présence d'un projet qui n'engage en rien les finances du département, qui conduit à une excellente application d'un nouveau système de chemin de fer dont le succès paraît très-probable. Nous ne pouvions que nous proposer d'adopter les conclusions des rapports des ingénieurs, du conseil général des ponts et chaussées, du Ministre et de M. le préfet.

Mais le département et l'Etat accorderont-ils la subvention attribuée aux chemins de fer d'intérêt local par la loi du 12 juillet 1865, aux voies ferrées construites suivant le système Larmanjat? La demande a été transmise au ministre des travaux publics qui a fait, le 13 août courant, la réponse suivante :

« Monsieur le préfet, vous m'avez informé, par dépêche du 5 de ce mois, qu'un certain nombre d'habitants de l'arrondissement de Joigny seraient disposés à faire une société ayant pour objet la construction d'un chemin de fer d'après le système Larmanjat entre Joigny et Toucy, mais en achetant les terrains afin d'éviter les pentes et de pouvoir desservir d'une manière plus complète les localités de la vallée du Tholon. La société ne poursuivrait la réalisation de ce projet qu'autant que l'Etat et le département participeraient chacun pour un tiers dans la dépense évaluée à 30,000 fr. par kilomètre.

« Vous demandez, en conséquence, si le chemin projeté peut être assimilé aux chemins de fer d'intérêt local ayant droit à la subvention de l'État en vertu de la loi du 12 juillet 1865. Vous désirez aussi connaître l'opinion de l'administration sur le mérite du système Larmanjat.

« Il n'est pas possible, Monsieur le préfet, d'apprécier sur les seules indications qui précèdent quel sera le caractère de la ligne projetée et dans quelles conditions elle sera placée par rapport à la route départementale n° 3, que le sieur Larmanjat demande l'autorisation d'emprunter pour y poser une voie ferrée qui desservirait une partie du parcours de Joigny à Toucy.

« Il ne pourra dès lors être statué sur la question du concours éventuel de l'État dans la dépense qu'après la production d'un avant-projet comprenant un plan général, un profil en long et des profils en travers, des dossiers indiquant le système des rails et des machines à employer, un cahier des charges, un détail estimatif de la dépense, une évaluation du trafic présumé, enfin un mémoire explicatif à l'appui. »

Ce qui paraît encore obscur au ministre des travaux publics est très-clair pour nous.

En fait, entre Joigny et Aillant, sur une longueur de 13 kilomètres, la route départementale n° 3 ne présente aucune pente exigeant une rectification; les plus fortes sont de 0^m0481 et de 0^m0462, et leur longueur n'excède pas 492 mètres. Le profil en long de cette route se prête donc bien à l'établissement du chemin de fer de M. Larmanjat; de plus, la fréquentation de la route est considérable, condition très-favorable pour faire une expérience de ce genre.

Nous ne voyons donc pas qu'il y ait lieu d'établir un nouveau tracé, un chemin de fer parallèle à cette partie de route, et nous répondrons à M. Larmanjat que pour la première section du parcours entre Joigny et Aillant nous lui prêterons volontiers un des accotements de notre route pour y établir un chemin de fer de son système.

Pour la deuxième section d'Aillant à Toucy, dont la longueur est d'environ 17,500 mètres, on ne se trouve plus dans des conditions aussi favorables. En effet, il existe sur cette partie de route une longueur de 2.165^m90 de pentes et de rampes comprises entre 51 et 64 millimètres par mètre, sur lesquelles un chemin de fer du système Larmanjat perdrait une partie de

ses avantages dans l'exploitation. Le pétitionnaire déclare en outre que la région traversée par cette route est peu peuplée, et qu'il doit se rapprocher de la population beaucoup plus dense dans la vallée de Tholon.

Toutes ces objections peuvent être fondées, mais elles ne sont pas suffisantes pour que le conseil général prenne l'engagement demandé par M. Larmanjat. En effet, il est établi en principe que les routes départementales présentant de fortes rampes doivent être rectifiées. La route d'Aillant à Joigny étant une des plus importantes du département, sera certainement rectifiée dans un avenir prochain, soit pour corriger les imperfections du profil, soit pour mieux desservir les populations de la localité.

Ce travail exécuté, il n'y aura plus aucune objection à faire, et le chemin de fer de M. Larmanjat pourra être établi sur l'accotement de la route, aussi bien entre Toucy et Aillant qu'entre Aillant et Joigny.

Cela nous conduit à envisager la question des chemins de fer d'intérêt local à un point de vue plus général, qui nous échappait nécessairement avant l'invention de M. Larmanjat. Le principal avantage de cette invention, c'est que la voie ferrée peut être posée sur le sol de toute route dont les pentes n'excèdent pas cinq centimètres par mètre. L'administration départementale accordera la permission d'établir ces nouvelles voies ferrées sur un des accotements des routes tracées dans ces conditions, et en faisant cette concession il satisfera pleinement à l'engagement qu'il a contracté en 1867, puisque la dépense faite pour acheter le terrain de la route, effectuer les terrassements et construire les ouvrages d'art, dépasse de beaucoup la subvention que le conseil général s'est engagé à accorder; il s'est donc libéré d'avance.

Lorsque les pentes des routes seront trop fortes pour permettre l'établissement de la voie ferrée, il y aura presque toujours avantage à rectifier les parties défectueuses du tracé, puisque ces rectifications profiteront non seulement au chemin de fer, mais encore à la circulation générale.

En résumé, votre commission vous propose le projet de délibération suivant :

« Le conseil général attache la plus grande importance à l'établissement de la voie ferrée du système de M. Larmanjat sur

une des routes du département, parce que ce système paraît être actuellement le seul qui permette l'usage des locomotives d'un faible poids sur une voie à grandes pentes et sur des courbes à court rayon. Il estime que la route la plus favorable à cet essai paraît être la route départementale n° 3, entre Joinigny et Aillant, puisque les pentes et rampes n'excèdent nulle part cinq centimètres par mètre et que la circulation y est considérable; que M. Larmanjat peut être autorisé, à ses risques et périls, à établir sa voie ferrée sur cette route aux conditions exprimées dans le rapport de MM. les ingénieurs du département en date des 10 et 24 juillet 1869.

« En ce qui concerne l'établissement de la voie entre Aillant et Toucy sur un tracé spécial :

« Qu'on doit faire savoir à M. Larmanjat qu'avant de statuer sur sa demande, l'administration départementale se réserve d'examiner s'il ne serait pas plus convenable de rectifier partiellement la route ou le chemin de grande communication qui se dirige d'Aillant vers Toucy, de manière à rendre la voie propre à l'établissement d'un chemin de fer du nouveau système. Qu'il devra donc se concerter d'abord, soit avec M. l'ingénieur en chef, soit avec M. l'agent voyer du département, au sujet de cette rectification.

« En ce qui concerne la demande de subvention :

« Que dans toutes les parties où la voie pourra être posée sur le sol de la route, le département a fait les acquisitions de terrains, les terrassements et les travaux d'art, c'est-à-dire une dépense bien supérieure à la subvention qu'il s'est engagé à donner par sa délibération de 1867.

« Qu'il est donc libéré d'avance, mais qu'il n'en est pas de même de l'Etat, et qu'ainsi le pétitionnaire peut réclamer cette subvention en accomplissant les formalités usitées; que M. Larmanjat doit être invité à présenter son projet dans les conditions indiquées par le ministre des travaux publics, dans sa lettre du 13 août 1869.

« Que le ministre pourra accorder alors, s'il y a lieu, le montant de la subvention de l'Etat.

« Que pour la partie du tracé comprise entre Aillant et Toucy, la question de subvention pour le département ne serait posée qu'autant qu'on n'effectuerait pas les ratifications qui rendront la voie propre à l'établissement du chemin de fer. »

Le conseil adopte :

LIGNE DE JOIGNY A AILLANT

Enquête de commodo et incommodo

« Nous, préfet du département de l'Yonne, officier de la Légion d'honneur ;

« Vu les pièces de l'avant-projet présenté par M. Larmanjat, ingénieur civil demeurant à Paris, boulevard Magenta, 39, pour l'établissement d'un chemin de fer mixte sur l'accotement droit de la route départementale n° 3, de Joigny à Toucy, entre Joigny et Aillant ;

« Vu le rapport de MM. les ingénieurs, en date des 10 et 24 juillet 1869 ;

« Vu la délibération prise par le conseil général de l'Yonne dans sa séance du 27 du même mois :

« Arrêtons :

Art. 1^{er}. Les pièces composant l'avant-projet d'établissement d'un chemin de fer mixte sur l'accotement droit de la route départementale n° 3, entre Joigny et Aillant, resteront déposées à la sous-préfecture de Joigny, pendant 20 jours, du 19 septembre présent mois au 10 octobre suivant.

Ces pièces seront communiquées, sans déplacement, à toutes les personnes qui demanderont à en prendre connaissance.

Art. 2. Un registre destiné à recevoir les observations auxquelles pourrait donner lieu, de la part des habitants, la demande de M. Larmanjat, restera ouvert pendant le même temps, à la sous-préfecture de Joigny et à la mairie d'Aillant.

Art. 3. A l'expiration du délai fixé en l'article 1^{er}, les registres ouverts seront clos et transmis, avec toutes les pièces de l'affaire, à la préfecture, par les soins de M. le sous-préfet de Joigny.

Art. 4. Le présent arrêté, imprimé en placard, sera publié et affiché dans les communes voisines de la route départementale n° 3, entre Joigny et Aillant.

Auxerre, le 7 septembre 1869.

Le préfet de l'Yonne,
TARBÉ DES SABLONS.

ALLEGATO XVI.

(Estratto dal Diritto di Firenze, 4 Novembre 1869)

Le ferrovie economiche a proposito di un nuovo sistema di locomozione studiato dall' Ing. Alfredo Cottrau.

Anche quando le attuali concessioni ferroviarie avranno dotata l'Italia della sua rete principale, e il fischio della locomotiva echeggerà in tutte le regioni delle nostre fertili contrade, l'opera sarà ancora incompleta e sarà forza spingerla fino alla sua totale ultimazione. — Noi avremo raggiunto uno sviluppo di chil. 8337 di via ferrata, gigante progresso di fronte ai 1472 chil. che solcavano l'Italia nell'aprile 1859, ma pur ancora assai al disotto dei bisogni del commercio, dell'agricoltura e dell'industria nazionale.

Ogni miriametro quadrato di superficie avremo chil. 4,57 di ferrovie, e per ciascun milione d'abitanti chil. 290. — Il Belgio ne ha rispettivamente chilometri 8,23 e 492; l'Inghilterra 7,11 e 747, e la Svizzera 3,27 e 530.

Noi saremo adunque ancora in un posto inferiore rispetto a quello dei paesi che abbiamo nominati, quantunque identici siano i nostri bisogni di circolazione per trasportare uomini e cose. — La forza del cavallo, esercitandosi penosamente per vincere gli attriti delle strade ordinarie, è una forza troppo costosa, sicchè, generalmente parlando, possiamo dire mancarci ancora di strade a rotaie di ferro quanti chilometri di strade ordinarie tagliano in ogni senso i piani, le valli, i monti della penisola.

Ma non basta che un paese abbia bisogno di nuove comunicazioni ferroviarie; occorre altresì che si abbiano i capitali per costruirle. E noi, a dir vero, abbiamo in questi ultimi anni fatto un po' troppo a fidanza col credito.

Nel rapporto di quanto ci costarono i capitali impiegati nelle costruzioni ferroviarie, l'importo di un chilometro delle nostre ferrovie aumenta di un terzo e forse più, e ci sarà necessità assoluta una sosta che ci permetta di raccogliere i frutti del

capitale versato, per ritornare poi, ristorato il credito, sulla via delle grandi costruzioni.

Nelle condizioni attuali del mercato, per un chilometro di ferrovia noi dovremo spendere quasi il doppio di quello che sarebbe necessario a condizioni normali, e, volere o non volere, dovremo di necessità fermarci, onde non tagliare i nervi vitali della ricchezza nazionale e rendere quasi inutili i grandi sacrificii compiuti.

Eppure, come fermarci nella via intrapresa? Come provvedere a che al gran mercato del mondo non restino per molto tempo ancora esclusi territori e popolazioni che aspettano soltanto d'essere congiunte alla gran vita dei commerci internazionali per risorgere a vita novella? Come gridare ancora il *« non si passa »* a quelle piccole sorgenti di attività economica che cercano versarsi nel gran torrente della vita commerciale per ritemprarsi a nuove e più feconde lotte di civiltà e progresso industriale ed agricolo?

La prima condizione di prosperità delle strade ferrate, il cui *stabilimento è così costoso*, si è di rispondere ad interessi di una importanza considerevole e di partecipare ad un sistema generale che apra alla loro attività e potenza tutte le sorgenti e tutti gli sbocchi della produzione e del commercio. Isolate e non avendo per alimentarsi che il traffico della zona in cui si esercita direttamente la loro azione, esse non possono trovare sufficienti elementi di vita, e quindi anche il loro esercizio si trascina a stento in mezzo a gravi difficoltà economiche. — Se la costruzione di una strada di ferro non dovesse dare almeno il 5 per % ai capitali impiegati, egli è certo che i capitalisti andranno a cercare, in un ramo qualunque della industria generale del paese, un miglior impiego del loro denaro; nè il governo può sempre ed in ogni caso, dato anco che le sue condizioni economiche glielo permettessero, concorrere con sovvenzioni o garanzie d'interesse.

Una strada costrutta col tipo delle vie ferrate ordinarie e col corteggio di spese che seco trascina, che costasse 400 mila lire al chilometro, deve dare almeno un beneficio netto minimo per chilometro di 20 mila lire. — Ora le spese d'esercizio si calcolano all'incirca del 45 per cento della rendita lorda, e siccome il beneficio netto è eguale alla rendita lorda diminuita delle spese d'esercizio, ne viene che la rendita lorda minima di que-

sta strada dovrebbe essere di 36,300 lire. — Ecco perchè allo stato attuale delle condizioni del paese nostro nessuna linea può essere costrutta senza il concorso dello Stato, ecco come ne viene facile la considerazione che l'attuale tipo di strade di ferro ci deve condannare all'immobilità, perchè *a priori* si può concludere non esservi altra linea di comunicazione ferroviaria il cui prodotto possa giustificare una spesa di almeno 300 mila franchi al chilometro.

In questo stato di cose, nel quale la impossibilità di costruire, coll'attuale tipo, delle linee ferroviarie produttive pei capitali impiegati è certamente troppo chiara, e il concorso del governo deve essere rimesso ad un'epoca lontana, si eleva un desiderio troppo giusto e troppo logico, desiderio che si converte in una domanda alla scienza: è forse necessario di spendere 600, 400, 200, 000 lire per chil. secondo i casi per istabilire una strada di ferro?

Pel fatto stesso che la nuova comunicazione si trova di fronte a un piccolo traffico commerciale, il programma dell'impresa deve di necessità restringersi, e grandi economie si possono fare in confronto delle spese erogate per quelle strade a cui si è voluto dare una impronta di grandezza e d'importanza. Le monumentali stazioni, gli edifici tanto raddoppiati, le larghe sedi stradali, i doppi binari, le chiusure, i passaggi a livello, queste immense quantità di terre accavallate in argini imponenti; le gigantesche trincee, le gallerie, i ponti, i viadotti, le grandi velocità che danno per necessaria conseguenza guide fortissime, carri e macchine pesantissime, offrono la possibilità di una serie di economie che possono facilmente estendersi sul materiale circolante, sul personale, sull'organizzazione amministrativa del servizio, e sulle condizioni finanziarie dell'impresa.

Ridurre una strada di ferro al suo ultimo limite d'economia, sia nel suo impianto nei rapporti ai paesi che deve attraversare, sia nell'esercizio, avuto riguardo al traffico a cui deve servire, ridurre il tipo attuale delle ferrovie a modeste proporzioni, industrialmente applicabile e in vasta scala sulle nostre strade carrettiere, è una quistione che agita la pubblica opinione e dà forza alle speculazioni scientifiche degli studiosi.

È un problema industriale troppo semplice: se per una strada del costo di 500 mila lire per chilometro una rendita

annuale di 55 mila franchi per ogni mille metri di estesa è almeno necessaria per ricompensare i capitali impiegati, con linee del costo di 100 mila lire basterà un reddito minimo lordo di 22,000; di 11,000 e 5,000 se la nuova comunicazione ferroviaria ci costerà 50 o 20 mila lire al chilometro.

L'ora delle strade ferrate economiche è suonata anche in Italia; ciascun ramo di questa nuova maglia produrrà, in più modeste proporzioni, quello che le grandi linee hanno prodotto o produrranno nelle regioni da esse percorse, e questi effetti manifestatisi dovunque e moltiplicati pel loro numero considerevole porterà frutti insperati. Le strade ferrate principali centuplicheranno i loro trasporti, il paese esteso nel doppio aspetto del lavoro e della ricchezza correrà animoso la via del progresso, perchè questo fattore principale di civiltà e di benessere possiede in se stesso una forza viva meravigliosa per la potenza della sua azione, e la sua inarrivabile fecondità.

L'ingegnere Alfredo Cottrau di Napoli, nome ben noto alla Francia ed all'Italia per le sue costruzioni metalliche, fino dal 1865 pubblicò i suoi primi studi sulle vie ferrate provinciali e comunali, a cui tennero dietro altri scritti in varie epoche presentati alla pubblica disanima — e l'Ing. Paolo Boubée, in una seduta tenuta a Napoli nel maggio 1869, invita il governo ed il paese ad occuparsi seriamente di una questione che come quella della celere apertura delle strade economiche in Italia può « far penetrare il commercio e l'industria nel seno di tutte le provincie e di tutte le città impossibilitate per la loro posizione topografica e geografica a godere i benefici delle grandi arterie. »

Per chi ha potuto studiare il modo di azione della locomotiva per le strade ordinarie, ed ha avuto campo di calcolarne gli inconvenienti e gli svantaggi, il sistema felicemente proposto dall'ingegnere Cottrau, può assicurarsi, dovrà pienamente corrispondere alla esigenza della pratica. — Diminuita la resistenza alla trazione del carico utile — assicurata una maggior velocità — rese possibili le forti ascese come le strette risolte — trasformata in lavoro utile la maggior parte della potenza alla trazione della macchina, di cui le ruote motrici troveranno nella maggior aderenza alla superficie su cui scorrono un elemento di potenza — reso facile l'armamento della nuova strada sulla sede delle attuali vie nazionali o provinciali —

assicurato il beneficio economico di evitare i trasbordi coll'innesco della via economica in quella delle grandi arterie, al nuovo sistema non manca ora che la sanzione della pratica che noi siamo sicuri non verrà certamente meno se le previsioni della scienza son tanto favorevoli alla nuova comunicazione a vapore.

Dopo il riassunto del sistema Cottrau, dall'egregio Boubée letto in Napoli il maggio 1869, e pubblicato per cura dell'instancabile editore della *Scienza del popolo*, sarebbe opera inutile la nostra se cercassimo di rifare un lavoro troppo felicemente compiuto da altri; aggiungeremo soltanto per quello dei nostri lettori cui non fosse capitato di leggere quel libro, che il sistema-misto Cottrau prevede una locomotiva che imita in gran parte la macchina Feugère per le strade ordinarie. — Le sue ruote motrici s'appoggiano sul terreno mentre il convoglio corre sulle rotaie — la sua caldaia verticale, sistema Belleville, inesplosibile, appartenendo alle caldaie a rapida vaporizzazione — la trasmissione d'ingranaggi avendo richiesto i più lunghi studi e le cure più minuziose per parte dell'inventore, siamo sicuri resisterà alle prove della pratica, nè sarà a lamentarsi uno spreco troppo forte di forza o una difficoltà di freno o d'arresto nelle discese, come colle catene di Galle e Lotz.

È una locomotiva di strade ordinarie che trascina un convoglio scorrente su guide di ferro. — In due parti ben distinte si divide la macchina: — L'avantreno che appoggia tutto il peso della locomotiva sulle sale delle ruote motrici che si svolgono sul terreno ordinario — rotelle direttrici che incontrano le guide sotto un angolo di 45 gradi son destinate ad evitare gli sviamenti e ad assicurare il mantenimento delle ruote motrici nello spazio loro assegnato — Il retrotreno mobile attorno ad asse verticale permette il più sicuro svolgimento su curve ristrettissime. — Si alimenta la caldaia con due iniettori Giffard, e l'acqua è chiusa in uno spazio anulare cilindrico e coincidente al corpo della caldaia stessa — l'altezza di questo anello è uguale alla metà distanza compresa fra l'origine del cammino e la base della caldaia che è pur quella dell'anello cilindrico. — I pistoncini dei cilindri non attaccano direttamente le ruote motrici, ma imprimono un movimento di rotazione ad un albero portante pignoni di differenti diametri, calcolati in modo da ottenere due velocità estreme di 8 e 18 chilometri. — La

locomotiva è munita di un freno potente che agisce sulle ruote mentre è completamente arrestata ad esse la trasmissione della forza motrice; — la stessa macchina poi nei casi più urgenti serve essa stessa di freno — tolto il vapore, l'aria agisce sui pistoni per tenerli in equilibrio, ed essi operano energicamente, anche perchè si trova totalmente rovesciata l'azione delle ruote d'ingranaggio.

La macchina sperimentale di 3 tonnellate di peso, sulle linee orizzontali con 18 chil. all'ora di velocità, potrebbe trascinare un peso di circa 80 tonnellate; con velocità di 8 chil. e 12 tonnellate circa di carico, salirebbe le pendenze del 0,075 per metro, aumentandosi gli effetti utili sulle pendenze col portare il peso della locomotiva mista a 6, 8, 10 ed anche 13 tonnellate.

Ridotto a 20,000 al chil. la spesa di armamento e di materiale mobile, se si tratta dell'impianto delle ferrovie sulle strade ordinarie, a 45,000 se vi si deve aggiungere l'apertura di una traccia stradale a sezione ristrettissima (metri 3,00) noi vediamo risolversi il gran quesito sopra stabilito, e l'importante questione, del far correre la locomotiva a risvegliare le nostre fonti di ricchezza nelle valli più riposte della penisola italiana, avviarsi alla rapida sua soluzione.

Un capoluogo di circondario o di provincia, un centro qualunque di vita industriale od agricola che voglia allacciarsi rapidamente alle ferrovie principali, e che sia già provveduto, come nel maggior numero dei casi, di una strada rotabile di comunicazione, può assicurare l'impiego a patti vantaggiosissimi del capitale necessario alla costruzione della via ferrata Cottrau, il che vuol dire in ultima analisi, può vedere compiuto in tempo brevissimo il suo allacciamento ai centri di vita commerciale e industriale.

Poniamo, per un momento, un punto qualunque del territorio italiano in cui l'esercizio di una data industria assicura vie maggiormente gli interessi del capitale da impiegarsi nelle nuove costruzioni, e che per la speciale sua ubicazione dovrà aspettare molti anni prima che la locomotiva lo saluti del suo fischio rigeneratore.

Cattolica, a cagione di esempio, su quel di Girgenti in Sicilia, oltre essere un territorio ricco di prodotti agricoli è un principale emporio di zolfi di quella ricca provincia.

Ora nessuna linea di strada rotabile lo lega alla marina di

Porto Empedocle. L'eco di quelle valli non ripercuote che il sonaglio dei muli e la bestemmia del mulattiere che a stento cammina nel letto di sassosi torrenti o sulle creste di pericolosi dirupi, o fra tremole, frane e paludi impraticabili nei giorni in cui la bufera invernale si scatena sul dorso di quelle montagne.

Fra poco, tolte le difficoltà e gli ostacoli che un cumulo di malaugurate circostanze ha sollevate, quasi ad impedire che la carità di una striscia di strada carrettiera corresse ad aiutare lo sviluppo di quelle popolazioni, i lavori della Nazionale Girgenti-Palermo per Cattolica-Cianciana-Alessandria-Bivona e Corleone saranno incominciati.

La nuova linea stradale, in larghezza di metri 6. 50, costa lire 36,000 al chilometro.

Una Società che volesse offrire al commercio di quella contrada un più rapido sbocco alla marina, dovrebbe pensare a concorrere all'allargamento della traccia stradale a metri 8. 50 almeno, per

L. 8,000 00

L'armamento, le case di guardia, il materiale fisso e mobile, le fabbriche e le chiusure, secondo i calcoli Cottrau importerebbero

» 20,000 00

Totale L. 28,000 00

Quella linea di strada, avendo pendenze non maggiori del cinque per cento e curve di raggio non inferiori ai 30 metri, supponendola percorsa dalla locomotiva sperimentale di tre tonnellate, potrebbe trascinare una carica di circa 22 tonnellate con una velocità, tenuto conto delle discese ai passi del Salso, del Canne, del Cavalli e dell'Agiaga, e alle dolci livellette dei piani del Besengio e del Caratello, di 12 chilometri all'ora, percorrendo così la distanza che separa quel comune dalla marina di Girgenti in due ore e mezzo. Supponendo due soli viaggi di andata e ritorno, e quindi 10 ore effettive di lavoro, e un traffico giornaliero di 44 tonnellate di merci in andata e sole 22 di ritorno, ogni tonnellata di merci costerà circa 5 cent. per chilometro.

D'altra parte, l'interesse del capitale impiegato (lire 800 mila), la quota di ammortizzazione, le spese di mantenimento, rappresentando un aumento di cent. 18 per tonnellata e per

chilometro, una tonnellata di zolfo posta alla marina e levata dalle zolfatare di Cattolica costerebbe cent. 23 per chilometro, o in totale lire 5,90.

Il trasporto a schiena di mulo importa ora dalle 23 alle 27 lire per tonnellata, e quello sui carretti costerà sempre non meno di 14 lire.

Valga quest'esempio, tolto fra i molti che potevamo stabilire, a fissare la grande utilità di queste ferrovie economiche, il cui impianto non ha bisogno di sovvenzioni di sorta, bastando da sole a sopperire alle spese di mantenimento e di esercizio, a compensare largamente il capitale impiegato, e destinato a penetrare nelle più remote valli d'Italia per porre tutte le forze produttive della nazione in comunicazione diretta, facile ed economica coi grandi centri di vita commerciale, coi porti di mare e col mondo intero.

Senza dubbio le linee ferroviarie attuali corrono le migliori vie commerciali, e dove possono aspirare ad un più ricco concorso di trasporti; ma la loro azione, inceppata ancora dallo stato della viabilità delle altre parti del territorio, si completerà con l'apertura di questo nuovo sistema di comunicazione ferroviaria, il quale non potrà che risvegliare gli sforzi di una prodigiosa attività in tutti i punti del territorio italiano ¹⁾.

¹⁾ A questo articolo del *Diritto* di Firenze avrebbero potuto tener dietro gli articoli che sul medesimo argomento vennero successivamente pubblicati da: *L'Italia* di Firenze, *Il Secolo* di Milano, la *Gazzetta* di Torino, la *Gazzetta* di Palermo, *Il Corriere Italiano*, *Il Corriere Mercantile* di Genova, *Il Giornale Ufficiale* di Firenze, *Il Giornale di Napoli*, *Il Piccolo*, *La Patria*, *L'Omnibus*, di Napoli, *Il Piccolo Corriere* di Bari, la *Gazzetta* di Teramo, *Il Messaggiere* di Caltanissetta, *L'Empedocle* di Girgenti, ecc. La loro riproduzione venne tralasciata solo perchè essi non avrebbero aggiunto gran fatto a quanto si contiene nei 16 Allegati già pubblicati.

INDICE

<i>Considerazioni generali</i>	pag.	3
<i>Breve Cenno sul sistema di ferrovie economiche proposto per l'Italia dall'Ing. Cav. Alfredo Cot- trau</i>	"	5
<i>Note e schiarimenti</i>	"	8
ALLEGATO I. <i>Lettera dell' Ing. Cottrau al Com- mendatore Bona</i>	"	17
" II. <i>Lettera dell' Ing. Cottrau al Com- mendatore Ruva</i>	"	23
" III. <i>Risposta del Commendatore Ruva all' Ing. Cottrau</i>	"	25
" IV. <i>Lettera dell' Ing. Cottrau al Com- mendatore Bona</i>	"	27
" IV. bis. <i>Extrait du Carnet des ingénieurs.</i>	"	29
" V. <i>(Estratto dall'Annuario Scientifico di Milano, 1868)</i>	"	30
" VI. <i>(Idem)</i>	"	32
" VII. <i>(Idem)</i>	"	33
" VIII. <i>(Idem)</i>	"	35
" IX. <i>(Estratto dall' Année Scientifique et Industrielle de L. Fiquier, 1869).</i>	"	47
" X. <i>(Estratto dall'Annuario Scientifico di Milano, 1869)</i>	"	54
" XI. <i>(Idem)</i>	"	55
" XII. <i>(Idem)</i>	"	56
" XIII. <i>Note sur les chemins de fer d'inté- rêt local</i>	"	66
" XIII. bis	"	76
" XIV. <i>(Estratto dal Politecnico di Milano).</i>	"	77
" XV. <i>(Estratto dal Journal Officiel de l'Em- pire Française, 5 Octobre 1869).</i>	"	95
" XVI. <i>(Estratto dal Diritto di Firenze, 4 Novembre 1869)</i>	"	104





